

Univerzita Karlova v Praze
Přírodovědecká Fakulta
Ústav hydrogeologie, inženýrské geologie a užité
geofyziky



Rozbor stabilitních problémů v závěrném svahu lomu ČSA

Analysis of stability problems in the side slope of open pit mine ČSA

Diplomová práce

Vít Hanuljak

Vedoucí: Ing. Zdeněk Kudrna, CSc.

Konzultant: Ing. Antonín Dymák

Most srpen 2011

Prohlášení

Diplomovou práci jsem vypracoval na Přírodovědecké fakultě UK v Ústavu hydrogeologie, inženýrské geologie a užití geofyziky a terénní práce byly provedeny ve velkolomu Československé armády, Litvínovské uhelné, a.s. Vedoucím této práce byl Ing. Zdeněk Kudrna. Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně podle svého nejlepšího vědomí a převzaté podklady jsou řádně citovány. Souhlasím s jejím použitím ke studijním účelům.

Poděkování

Rád bych poděkoval svému vedoucímu práce Ing. Zdeňku Kudrnovi za cenné rady při zpracovávání teoretické i praktické části diplomové práce, svému konzultantovi Ing. Antonínu Dymákovi za poskytnutí informací a pomoci při zajišťování map a přístupu do lomu. Dále bych rád poděkoval RNDr. Davidu Mašínovi za konzultace při matematickém modelování. V neposlední řadě bych rád poděkoval rodině, přátelům a známým, kteří mě zajišťovali zázemí a při práci mě podporovali.

Abstrakt

Naše současná společnost je energeticky velice náročná. Poloha České republiky, její přírodní podmínky a nerostné bohatství, nabízí jednu z mála možností k jejímu získávání a tím je dobývání a zpracování uhlí. Snaha je získat tuto významnou surovinu ekonomicky co nejvýhodněji a zároveň s omezenými negativními ekologickými následky. Těžba hnědého uhlí ve velkolomech je jednou z těchto možností. Závěrné svahy jsou nedílnou součástí lomů a tato práce se zabývá závěrným svahem jednoho z největších povrchových dolů v České republice VČSA. Jedná se o úpatí Krušných hor, o geologicky velice náročný terén, ve kterém je nutné provádět jednotlivé těžební kroky velmi obezřetně, aby nedocházelo k neúměrným ekonomickým ale i ekologickým škodám. Společnost Czech Coal Group, Litvínovská uhelná, a.s., která se dobýváním uhlí ve VČSA zabývá, neustále monitoruje tento prostor a koordinuje práce. Přesto v závěrném svahu dochází k menším či větším sesuvům. V diplomové práci jsou rozebrány geologické a hydrogeologické podmínky zájmové oblasti. Uvedeny jsou důsledky přírodních a klimatických podmínek obecně i v konkrétních případech. V rešeršních pracích jsou vyzdvíženy poznatky odborníků k největším sesuvům v historii fungování lomu. V několika etapách jsem provedl mapování celého závěrného svahu velkolomu, zaznamenal staré sesuvy a významněji se věnoval aktuálnímu sesuvu z roku 2011. Vytvořil jsem mapu výskytu sesuvných oblastí, pokusil se modelovat vybranou oblast a navrhnout sanační opatření. Což se více či méně podařilo.

Abstract

Our current society is very energetically intensive. The location of the Czech Republic, its natural conditions and mineral resources, offers one of the few options for its acquisition, which is mining and coal processing. The effort is to get this important raw material economically as convenient as possible and also with limited negative environmental consequences. One of these options is mining of brown coal in open pit mines. Side slope is an integral part of the open pit mines and this thesis deals with the side slope of one of the largest open pit mines in the Czech Republic, of The open pit mines of the CSA. It is the base of the Ore Mountains, geologically very difficult terrain in which it is necessary to carry out the individual extraction steps very carefully, to avoid disproportionate economic and environmental damage. The company Czech Coal Group, Litvínovská uhelná, a.s., which deals with coal mining in the quarry of the CSA, constantly monitors this area and coordinates the work. In spite of this fact, there are smaller or larger landslides in the side slope. The geological and hydro geological conditions of the area are analyzed in this diploma thesis. The consequences of natural and climatic conditions are listed in general and in specific cases. Knowledge of experts of the largest landslides in history of the open pit mine is highlighted in the retrieval work. I have made mapping of the whole side slope of the open pit mine in several stages, registered old landslides and significantly devoted to the current landslide of the year 2011. I have created a map of extension of the landslide complexes, tried to model the selected area and designed remedial measures. In which I have more or less succeeded.

Obsah

1. Úvod.....	7
1. 1. Cíle práce.....	7
1. 2. Vymezení zájmového území.....	8
1. 3. Velkolom Československé armády.....	9
2. Metodika prací.....	10
2. 1. Metodika rešeršních prací.....	11
2. 2. Metodika terénních mapovacích prací.....	11
2. 3. Metodika kamerálních prací.....	12
2. 4. Metodika matematického modelování.....	13
3. Přírodní podmínky.....	14
3. 1. Morfologické poměry.....	14
3. 2. Geologické poměry.....	16
3. 2. 1. Krušnohorské krystalinikum.....	17
3. 2. 2. Pánevnická výplň.....	19
3. 2. 2. 1. Podložní souvrství.....	20
3. 2. 2. 2. Souvrství hnědouhelných slojí	20
3. 2. 2. 3. Nadložní souvrství.....	21
3. 2. 2. 4. Kvartérní pokryv	21
3. 3. Hydrogeologické poměry.....	22
3. 4. Hydrologické poměry.....	24
4. Báňsko - geologický vývoj oblasti.....	25
4. 1. Severočeská hnědouhelná pánev.....	25
5. Geologická prozkoumanost.....	27
6. Klasifikace svahových deformací.....	30
6. 1. Obecné faktory ovlivňující svahové pohyby.....	33
6. 2. Faktory způsobující svahové deformace ve VČSA.....	35
7. Geotechnická charakteristika.....	36
7. 1. Geotechnická charakteristika hornin krystalinika.....	36
7. 2. Geotechnická charakteristika pánevnické výplně.....	37
8. Popis svahových deformací zjištěných v terénu.....	40
8. 1. Podrobný popis vybrané svahové deformace.....	44

9. Matematické modelování.....	50
9. 1. Geometrie modelovaného sesuvu.....	50
9. 2. Materiálové parametry použité pro výpočet.....	51
9. 3. Koncepční model a definice fází výpočtu.....	53
10. Diskuse výsledků a rámcový návrh sanačních opatření.....	59
11. Závěr.....	60
Seznam příloh.....	61
Seznam použitých zkratk.....	62
Seznam použitých podkladů.....	63

1. Úvod

Pod Krušnými horami se využívalo uhlí už od 16. století. Nároky na jeho potřebu byly čím dál větší a s vývojem průmyslu se ještě zvyšovaly. Začaly vznikat velké těžbařské společnosti a hlubinným dobýváním získávaly tuto cennou surovinu. V první polovině 20. století, kdy došlo k obrovskému rozmachu průmyslu, přišly snahy po levnější cestě k získávání strategicky důležitého uhlí a začalo se dobývat povrchovou těžbou. Velká část energetické spotřeby našeho státu je stále kryta technologiemi založenými na spalování uhlí, je tedy logické, že jsou kladeny velké nároky na těžené množství této nerostné suroviny. Z hlediska výtěžnosti je bezesporu povrchové dobývání nejefektivnější, a proto bylo přistoupeno k těžbě formou velkolomů, které jsou dodnes největším zásobovatelem České republiky hnědým uhlím.

Otevření jakéhokoli velkolomu sebou přirozeně nese spoustu technických problémů. Některé doly se významně přiblížily až k úpatí Krušných hor a tím vzniká závažná otázka stability těchto svahů. Má diplomová práce se bude zabývat stabilitou závěrného svahu Velkolomu Československé armády na Mostecku. Na této lokalitě bylo již v minulosti prováděno mnoho průzkumných prací v souvislosti s plánováním postupu těžby a také zde byly prováděny práce, které zajišťovaly stabilitu svahů pracovních, ale hlavně svahu závěrného. Po prostudování velkého množství materiálů se mi jako nejvýznamnější jeví práce Marka, Kudrny, Rybáře, ale i dalších. Z těchto prací jsem vycházel a snažil se alespoň částečně na ně navázat.

1. 1. Cíle práce

Předkládaná diplomová práce si klade tři hlavní cíle. Za prvé podat souhrnné informace o již v minulosti provedených pracích v zájmové lokalitě formou rešerše. Za druhé je cílem vymapovat veškeré svahové deformace v závěrném svahu a předložit jako výstup přehlednou mapu svahových deformací ve VČSA. Za třetí se pokusit modelovat vybranou svahovou deformaci pomocí programu PLAXIS a pomocí výstupů z tohoto programu navrhnout případná sanační opatření.

1. 2. Vymezení zájmového území

Zájmové území se nachází na lokalitě VČSA, který je situovaný zhruba patnáct kilometrů SZ od města Mostu na rozhraní bývalých okresů Most a Chomutov. Zkoumaná oblast je závěrný svah výše zmíněného lomu. Tento svah leží přímo na úpatí Krušných hor mezi obcí Vysoká Pec a bývalou obcí Albrechtice. Ze S je tedy zájmová oblast omezena krušnohorským svahem, z J dolovým polem VČSA, z V arboretem (zámecký park zámku Jezeří) a ze Z je oblast omezena obcí Vysoká Pec (bývalá obec Kundratice). (Obr. 1)



Obr. 1: Situace zájmového území (www.mapy.cz)

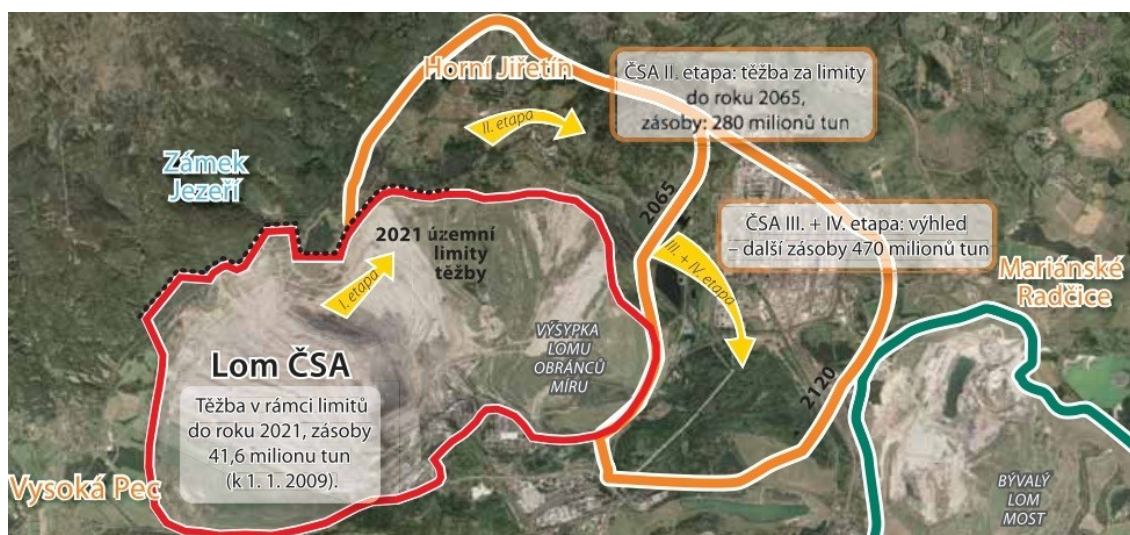
1. 3. Velkolom Československé armády

Lokalita VČSA je v současnosti ve správě společnosti Litvínovská uhelná, a.s. S představiteli této firmy jsem musel při zpracovávání diplomové práce jednat a spolupracovat. Získal jsem tak materiály, které jsou jejím majetkem a také základní informace o lomu vůbec.

Koncepce rozvoje lomu předpokládala vějířovitý rozvoj porubních front lomu až do polohy kolmé na svahy Krušných hor a poté jejich paralelní postup směrem na V, s cílem úplně vytěžit uhelnou sloj (Valeš 1999). Aby bylo zajištěno co největší nejehospodárnější využití ložiska a zároveň zajištěna stabilita svahu ve zdejších jedinečných pro těžbu nebezpečných geologických podmínkách, se v souvislosti s postupem těžby směrem k úpatí Krušných hor řešilo několik variant báňského postupu. Valeš (in Burda 2008) udává tři varianty postupu těžby směrem k úpatí hor:

1. Velká varianta: Řeší úplné vyuhlení zásob s velkým ekologickým dopadem, ale stabilními svahy lomu. Horní hrana je uvažována na linii 500 m n. m.
2. Střední varianta se subvariantou: Stanovuje v místech nejsložitější geologicko-tektonické stavby ochranné pilíře s částečným obnažením krystalinika na výšku max. 50 m při horní hraně lomu na linii 340 až 380 m n. m. V pilíři pod zámek Jezeří je vázáno 32,3 mil. tun uhlí. Subvarianta řeší zvětšení pilíře v prostoru pod zámek s ohledem na zvýšení stability budovy zámku a části arboreta. V pilíři jsou tak vázány další 3 mil. tun uhlí.
3. Malá varianta: nedojde k těžbě sutí ani částečnému obnažení krystalinika na výšku 50 m. Horní hrana lomu je na linii 270 až 280 m n. m. Vzniká velký souvislý pilíř v celém úseku, který váže 70 mil. tun uhelných zásob. Ekologický dopad je minimální.

Vybrána byla střední varianta a v důsledku usnesení vlády ČR č. 444/91 byly stanoveny tzv. územně ekologické limity těžby uhlí, které povolují těžbu v VČSA jen k pásmu hygienické ochrany obce Černice. Zásoby uhlí v rámci limitů představují 37,3 mil. tun (k 1. 1. 2010), za nimi se nachází zásoba více než 750 mil. tun (Obr. 2)



Obr. 2: Zásoby hnědého uhlí na lokalitě VČSA (zdroj roční zpráva Czech Coal 2008)

2. Metodika prací

Na základě zadání diplomové práce ze dne 15. 4. 2009 s názvem „Rozbor stabilitních problémů závěrného svahu Velkolomu Československé armády“ byla vypracována následující metodika, která je rozdělena na několik dílčích částí. Z důvodu zaměření diplomové práce jako terénního průzkumu byla metodika stanovena takto:

1. Metodika rešeršních prací
2. Metodika terénních mapovacích prací
3. Metodika kancelářských prací
4. Metodika matematického modelování

Ještě před započítím jakýchkoliv prací bylo nutné kontaktovat vedení společnosti Litvínovské uhelné z důvodu zprostředkování informací a dat potřebných ke zpracování diplomové práce. Následně jsem 28. 11. 2010 uzavřel „Smlouvu o zabezpečení a realizaci diplomové práce studenta v Litvínovské uhelné a.s. podle § 51 zákona č. 40/1964 Sb.“ Tato smlouva stanovila odpovědného zaměstnance konzultanta mé práce Ing. Antonína Dymáka, který dále zprostředkoval potřebné informace,

kontakty a zpřístupnění požadovaný materiálů. Ze smlouvy mně také vznikla povinnost absolvovat školení „Bezpečnosti práce“, byl stanoven termín tohoto školení a teprve po jeho absolvování mi byl povolen vstup do lomu.

2. 1. Metodika rešeršních prací

Metodika spočívala v systematickém vyhledávání všech dostupných pramenů týkajících se zájmové oblasti, jejich důkladné prozkoumání a syntéza částí vhodných pro danou oblast. V případě mé diplomové práce byla většina materiálů získána z archivu Ústavu struktury a mechaniky hornin Akademie věd České republiky, které mi zprostředkoval můj vedoucí práce Ing. Zdeněk Kudrna. Dále jsem použil materiály z archivu VÚHU v Mostě a také přímo z archivu Litvínovské uhelné, a.s. Rešeršní práce byly započaty v zimních měsících v předstihu před pracemi terénními, a to z důvodu vhodného načasování a volby metodiky terénních prací. Hlavním účelem rešeršních prací bylo sestavení základní geologické, geomorfologické, hydrologické a hydrogeologické charakteristiky zájmové oblasti a další obecné poznatky spojené s danou problematikou. Další část rešeršních prací byla zaměřena na vyhledávání deformačních a pevnostních charakteristik zemin v oblasti postižené sesouváním. Tyto informace podaly práce spojené se sanacemi v minulosti vzniklých sesuvů.

2. 2. Metodika terénních mapovacích prací

Před zahájením mapovacích prací byl sestaven mapovací tým, složený ze dvou mapérů, aby bylo možné v průběhu mapování provádět diskusi nad skutečnostmi pozorovanými v terénu. Po stanovení týmu byl určen termín mapovacích prací, ten byl stanoven na období od 14. do 18. 3. 2011, a to zejména s ohledem na schůdnost terénu, ale také s ohledem na vegetační pokryv, který by mohl v pozdějších termínech zakrýt mapované

skutečnosti. Mapování se provádělo do technické režimní mapy VČSA v měřítku 1:2000, výřez závěrného svahu z této mapy byl na vyžádání zhotoven na měříčko – geologickém oddělení Litvínovské uhelné, a.s. Mapovaná oblast byla stanovena na základě konzultací s vedoucím práce a následné korekci pracovníkem Litvínovské uhelné, a.s. z důvodu bezpečnosti a ochrany zájmů Litvínovské uhelné, a.s. Před vlastním mapováním bylo nutné mapu rozřezat na formát vhodný k terénním účelům, tedy do formátu A4 (velikost mapovacích desek). Mapování probíhalo ve dvou etapách. V první etapě jsme postupovali od bývalé obce Albrechtice na V po horní hraně sesuvné oblasti zhruba do dvou třetin mapovaného území, poté jsme sestoupili na spodní hranu sesuvné oblasti a vraceli se zpět směrem na Z. V druhé etapě jsme postupovali od obce Vysoká Pec ležící na západním okraji lomu směrem na V opět po horní části závěrného svahu zhruba do dvou třetin sesuvné oblasti s překryvem první mapovací etapy, kde jsme provedli případné domapování či korekce na rozhraní obou etap. Zpět jsme podobně jako v první etapě postupovali po dolní hraně sesuvné oblasti. Tento postup byl zvolen z důvodu co nejlepšího vymapování odlučných a akumulčních částí sesuvů. Při zakreslování sesuvů do mapy jsme zohledňovali předpokládanou hloubku smykové plochy, rozdělením na sesuvy mělké a hluboké. Podle ústního sdělení vedoucího práce, je hloubka smykové plochy ve velkolomech pro mělké sesuvy do 15 m a hluboké sesuvy více jak 15 m. A dále jsme rozdělovali sesuvy na staré (dočasně uklidněné) a čerstvé. Do mapy jsme v průběhu mapování zakreslovali také výskyt pramenů a svahových vodotečí. Jako pomůcky nám při mapování sloužily režimní mapa VČSA s měřítkem 1:2000, mapovací desky a geologický kompas pro měření sklonu odlučných ploch či případně dokumentaci ploch nespojitosti.

2. 3. Metodika kamerálních prací

Po provedení terénních prací bylo nutné provést vyhodnocení poznatků nashromážděných v terénu. Jako jeden z hlavních výstupů této diplomové práce je mapa rozšíření sesuvů ve VČSA. Metodika kamerálních prací byla zaměřena na převedení výsledků terénních mapovacích prací z mapy v měřítku 1:2000 do finální podoby

do mapy v měřítku 1:5000. Pro vyznačení sesuvných území v oblasti byla použita plná červená čára. V místech, kde v terénu nebylo patrné ohraničení oblasti, byla pro zkreslení použita červená čára přerušovaná. Dále byly na jednotlivé sesuvy vyznačeny šipkami směry pohybů a doplněny značky označující hloubku a stáří sesuvu, jak bylo uvedeno v předchozí části „metodika terénních prací“ Pro finální zkreslení mapy byl použit formát PDF.

Dalším z cílů diplomové práce, bylo vybrání jedné svahové deformace a provedení jejího matematického modelování stability a svahové deformace, k čemuž byl použit program PLAXIS na Ústavu hydrogeologie, inženýrské geologie a užití geofyziky na Přírodovědecké fakultě UK.

Celá práce byla zpracována v OpenOffice.org Writer a pro účely elektronického zpracování byla převedena do požadovaného formátu PDF.

2. 4. Metodika matematického modelování

Po stanovení tématu předkládané práce bylo zřejmé, že ke splnění vytyčených cílů bude mimo jiné nutné zvolit program pro výpočet stability svahové deformace. pro tyto účely jsem si zvolil program PLAXIS od stejnojmenné holandské firmy. Program PLAXIS 2D verze 9.0 využívá při výpočtu metodu konečných prvků, která byla vyvinuta speciálně pro analýzu stabilitních a deformačních úloh v inženýrské geologii a geotechnice. Pro výpočet byly použity parametry převzaté z archivních materiálů získané z laboratorních zkoušek. Po stanovení výpočetního programu bylo též důležité vybrat vhodnou svahovou deformaci zjištěnou v terénu a zvolit vhodný řez sesuvem pro definování 2D geometrie problému. Dále bylo nutné interpretovat výsledky získané výpočtem zpět do horninového masívu, přičemž dochází ke kontrole smyslu vypočteného řešení, to znamená, jestli nejsou výsledky v rozporu s praxí, nebo dosavadními poznatky a zkušenostmi. Nakonec se pokusím implementovat získané poznatky pro řešení cílů daných zaměřením práce.

3. Přírodní podmínky

Krajina Mostecka byla tvořena složitým geologickým vývojem, který začal asi před jednou miliardou let. Na konci třetihor a ještě významněji ve čtvrtohorách začala vznikat mohutnou denudací dnešní stavba krajiny. Ta umožnila vznik třem geomorfologickým jednotkám - ze S jsou to Krušné hory, vprostřed Mostecká pánev a na J ležící České středohoří. Diferencované pohyby určitých zón doprovázené zlomovou i bezzlomovou tektonikou potom dotvořily konečnou tvář krajiny. (Hurník 2001)

3. 1. Morfologické poměry

Morfologické poměry oblastí jsou významně ovlivněny krušnohorským zlomem, který značně ovlivnil krajinný ráz celé oblasti. Dalším faktorem, jež má podstatný vliv na utváření krajiny na Chomutovsku a Mostecku je antropogenní činnost spojená s těžbou hnědého uhlí ve VČSA. Zájmové území mého studia můžeme tedy prakticky rozdělit na dvě základní oblasti, na oblast tektonicky porušeného svahu Krušných hor, který tvoří výraznou morfologickou dominantu, a na oblast přilehlé části terciární pánve, která je velmi razantně postižena velkolomovou činností dolu VČSA.

První zmiňovaná oblast, tedy tektonicky ovlivněný svah Krušných hor, se v místech nad Mosteckou pánví strmě zvedá a sklon u paty svahu v nadmořské výšce 320 m se pohybuje okolo 20° (Smolař, 1985). Se zvyšující se nadmořskou výškou až na kótu Jezerka (702 m. n. m.) se zvyšuje také generelní sklon svahu až na 30 – 35° (Smolař 1985). Původně kompaktní jednotný svah je mimo jiné výrazně ovlivněn erozní činností a to zejména činností horských potoků a nivačních a periglaciálních procesů, které se výrazně prosazovaly v období pleistocénu (Burda 2008). Zlomová struktura Krušnohorského svahu je v terénu stále patrna v oblasti Jezerky, Jánského vrchu a také na svahu, na kterém je situován zámek Jezeří. Tento svah je podle Marka (1994) rozdělen do pěti dílčích ker a utváří schodovitou stavbu. Svahy jsou pokryty tenkou

vrstvou zvětralin ostrohranného charakteru a často se dá hovořit i o kamenných mořích, ze kterých místy vystupují skalní výchozy tvořené žulorulou a rulou. Deluviální materiál se nahromadil u paty svahu, kde dosahuje různé mocnosti. Marek (1994) uvádí mocnost 10 – 20 m, přičemž největší mocnosti byly situovány v oblasti tzv. Šibeniční hůrky až 70 m. Tato extrémní mocnost je ovšem dána fosilním skalním řícením z období pleistocénu. V oblastech, kde se velkolomová těžba přiblížila k úpatí Krušných hor, se v předstihu před těžbou aplikovaly odlehčovací řezy (Obr. 3) a svahy jsou tedy antropogenního původu. Tyto svahy mají větší strmost a jsou také často postiženy svahovými deformacemi.



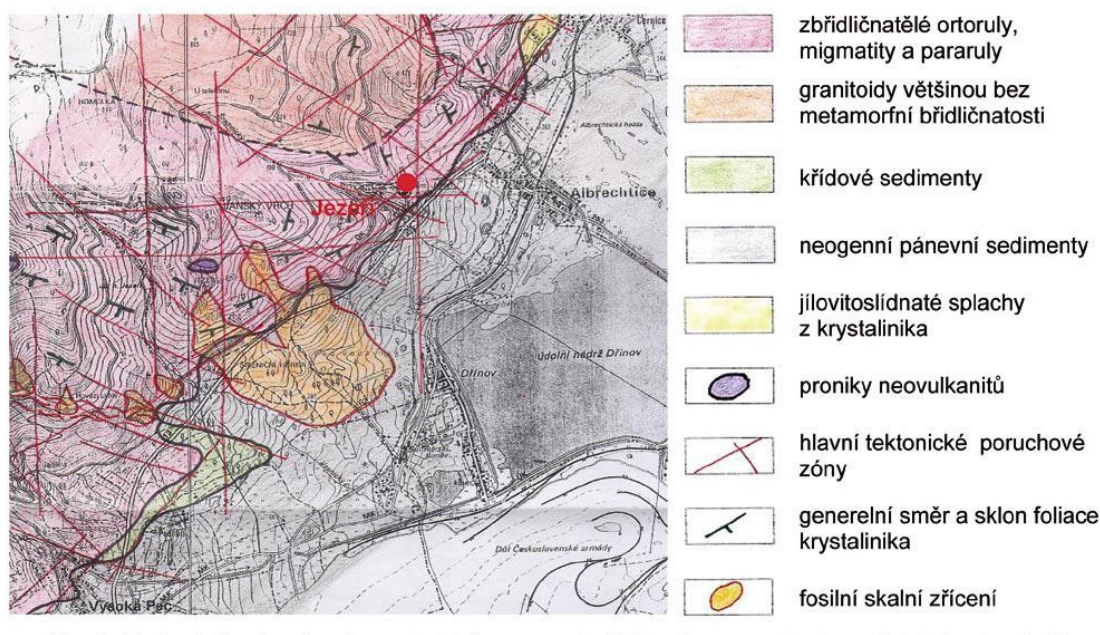
Obr. 3: Svah antropogenního původu upravený odlehčovacími řezy (Boční svah VČSA západním směrem od zámku Jezeří) (foto autor)

Druhou morfologicky významnou oblastí je pánevní terciární oblast, která je postižena velkolomovou těžbou. Tato pánevní část stupňovitě spadá ke dnu samotného velkolomu. Stupně a pracovní plošiny, které bývají často postiženy svahovými deformacemi, jsou vytvořeny uměle a mají souvislost s postupným odtěžováním skrývkového materiálu. Ten je tvořen proluviálními a deluviálními štěrky, zeminami a horninami uhelných souvrství, které jsou obšírněji popsány v následující kapitole 3. 2. Geologické poměry. Nejnižší místo zájmového území je v současné době přibližně v nadmořské výšce 138 m.

3. 2. Geologické poměry

Geologická a geotechnická charakteristika má zásadní význam pro řešení problematiky těžby hnědého uhlí v prostoru při úpatí Krušných hor. Je tudíž logické, že se v minulosti geologickou stavbou oblasti zabývalo mnoho autorů. Geologické poměry jsou tedy vyčerpávajícím způsobem rozebírány v mnoha pracích zejména Marka, Rybáře, Smolaře, Dudka a mnoha dalších autorů, kteří v této oblasti působili. V samostatné kapitole jsou dříve provedené geologické práce rozebrány a popsány, zde uvádím pouze základní geologickou charakteristiku krušnohorského krystalinika a zejména pánevní výplně, kde dochází k svahovým deformacím, a které jsou objektem této diplomové práce.

Zájmové území se nachází v místě styku pánevních sedimentů a svahů Krušných hor budovaných krušnohorským krystalinikem a je tedy zřejmé, že zde dochází ke kontaktu dvou zcela odlišných geologických prostředí. (Obr. 4)

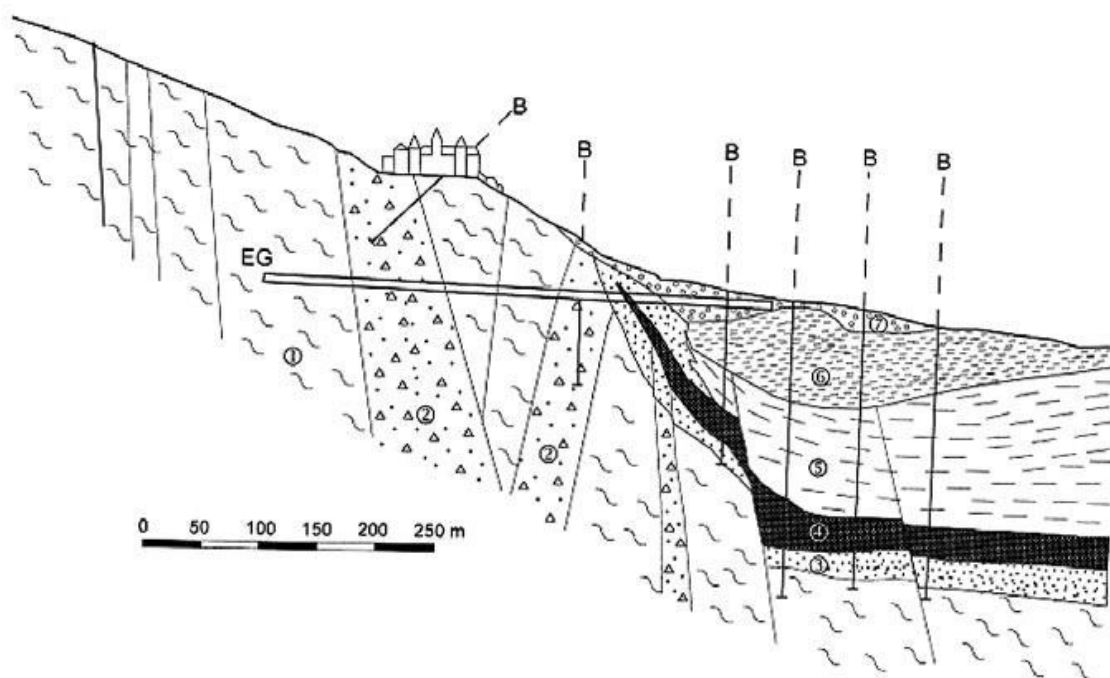


Obr. 4: Zjednodušená odkrytá geologická mapa okolí zámku Jezeří s vyznačením základní tektonické členitosti území (Marek 2005)

3. 2. 1. Krušnohorské krystalinikum

V krušnohorském krystaliniku můžeme vymezit dva bloky a to krušnohorský a podpáneví, které jsou odděleny tektonickou poruchovou zónou. Upraveno podle Marka (2005). Marek uvádí geologickou stavbu krušnohorského svahu takto. Úsek krušnohorského svahu mezi Vysokou Pecí a Černicemi, který v současné době přiléhá k VČSA, vykazuje největší výšku a strmost a též specifickou geologickou stavbu. Je z převážné části budována žulorulami, ortorulami a pokročilými migmatity ve struktuře jádra Kateřinské klenby. Jde o relativně lehké a křehké horniny. Granitoidní jádro klenby vykazuje dlouhodobý výzdvihový trend, jehož počátky jsou soudobé s tvorbou uhelné sloje. Ve vrcholové horské oblasti jsou pevné krystalické horniny převážně bez metamorfní břidličnatosti, na hlavním horském svahu i na svazích vnitrohorských depresí jsou výrazně zbřidličnatělé. Břidličnatost (foliace) hornin odpovídá klenbové struktuře, obtáčí granitoidní jádro a v prostoru mezi vrchy Jedlová – Jezerka – Janský vrch – Jezeří, je ukloněné převážně směrem do pánve. Horniny

krystalinika jsou jak ve svahové, tak i pánevní části postiženy změnami různé intenzity. Jedná se o husté rozpukání a částečnou nebo úplnou destrukci hornin (Valeš 1999). Toto potvrzuje Marek (1983), který dokumentoval průzkumnou štolu raženou pod zámek Jezetí (Obr. 5). Průzkumná štola prošla pánevní výplní a poté narazila na poruchovou zónu přibližně 40 m mocnou. Dále prochází blok méně porušeného krystalinika, na nějž navazuje další poruchová zóna, kterou je možno pozorovat i ve sklepení zámku. Výplň poruchových zón má prakticky charakter zeminy. Krystalinikum tvořící podloží pánevní výplně je více či méně postiženo kaolinizací, a to až do hloubky 30 m. Podrobné informace jak o horninách krystalinika, tak podrobně popsane tektonické poměry v zájmovém území, jsou pečlivě zpracovány v pracích zaměřených přímo na tuto problematiku - Marek 2005, 1994, 1983, Rybář 1983, Dudek 1978, Smolař 1985, Kněžínek 1986 a další.

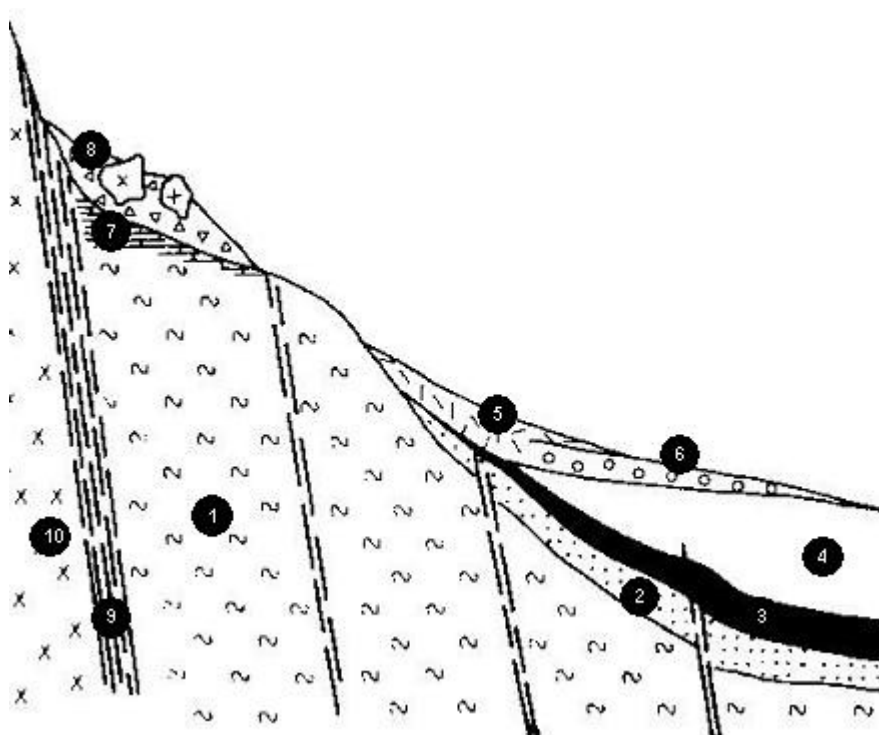


Obr. 5: Geologický řez v místech zámku. Výsledek podrobného inženýrskogeologického průzkumu v letech 1977 – 1981. 1- pevné krystalinické horniny, 2 – tektonické poruchové zóny, 3 – neogenní pánevní sedimenty písčitého charakteru, 4 – uhelná sloj, 5 – neogenní pánevní sedimenty jílovité povahy, 6 – neogenní jíly porušené promrzáním, 7 – kvartérní pokryv (sutě, štěrky) B – průzkumné vrty, EG – průzkumná štola (Marek 1983)

3. 2. 2. Pánevní výplň

Výplň pánve je tvořena několika souvrstvími (Obr. 6):

1. Podložní souvrství
2. Souvrství hnědouhelných slojí
3. Nadložní souvrství
4. Kvartérní pokryv



Obr. 6: Schematické znázornění výplně neogenní pánve. 1 - parametamorfni krystalikum (zejména pod pánevní výplní a okolo tektonických poruch kaolinizované), 2 - podložní souvrství (klastické příbřežní a mělkovodní sedimenty), 3 - uhelná sloj, 4 - nadložní souvrství (jíly, jílovce ve svrchní části ovlivněna promrzáním tzv. regelační zóna), 5 - deluvia běžného typu, 6 - proluviální štěrky, 7- relikť křídových a paleogenních hornin, 8 - akumulace blokových deluvií, 9 - tektonické poruchové zóny, 10 - granitoidní krystalikum (upraveno podle Marka)

Báze pánve je tvořena, jak bylo výše uvedeno, horninami krušnohorského krystalinika. V pánevní části se v pokračování od svahu vyskytují okaté ruly, které jsou zhruba po 250 – 300 m lalokovitě omezeny drobnozrnnými rulami (Valeš 1999).

3. 2. 2. 1. Podložní souvrství

Na bazálních horninách krystalinika spočívá podložní souvrství, které chápeme jako část pánevních sedimentů v přímém podloží uhelné sloje. Jedná se o pestrý celek sedimentů, v němž jsou zastoupeny sedimenty terciárního (jílovce, písky i hrubší klastika) a někde i svrchnokřídového stáří. V bezprostředním podloží uhelné sloje bývá vyvinuta několikametrová poloha jílu a jílovců. Jedná se o kaolinické jílovce bělavě šedé barvy, občas se sideritem a tzv. tufitické jílovce. Směrem ke krušnohorskému okraji pánve v jílovcích přibývá klastická složka a dále jílovce přecházejí v písčité jílovce až jílovité pískovce. Spodní část podložního souvrství je tvořena písky a pískovci s vložkami písčitých jílu. V podloží uhelné sloje se také vyskytují denudační reliktory svrchnokřídových hornin a vulkanické horniny čedičového typu, což dokládají např. Valeš (1999), Kněžínek (1986).

3. 2. 2. 2. Souvrství hnědouhelných slojí

(upraveno podle Valeše 1999)

V souladu se sedimentačními podmínkami a paleogeografickým vývojem oblasti v neogénu jsou v uhelné sloji vymezeny dvě oblasti. Za první, oblast typického vývoje a za druhé oblast okrajového příbřežního pásma. V oblasti typického vývoje dosahuje mocnost sloje 25 – 30 m a je zde zřetelně vyvinutý charakteristický třílávkový profil. Ve svrchní lávce o mocnosti 2 – 4 m se střídají proplástky jílu, jílovitého uhlí a uhlí. Ve střední lávce o mocnosti 15 – 25 m se nachází pevné, ale křehké uhlí bez jílovitých

proplástků. Svrchní omezení střední lávky je ostré, spodní hranice je neostrá a projevuje se pouze zvýšením jílovitého podílu. Spodní lávka má mocnost 2 – 6 m a má v podstatě podobné složení jako svrchní lávka. Směrem do podloží přechází do neuhelného až jílovitého vývoje. V oblasti okrajového pásma je mocnost uhelné sloje 25 m a podstatně se mění litologický a faciální vývoj. Již nejsou vyvinuty tři lávky jako v oblasti s typickým vývojem a jednotlivé polohy uvnitř sloje nejsou zřetelné. Směrem k okraji pánve se mocnost sloje snižuje a přibývá jílovitopísčité složka.

3. 2. 2. 3. Nadložní souvrství

Nadložní souvrství je tvořeno neogenními jíly a jílovci polohami jemně až hrubě zrnitých slídnatých písků. Obsahuje valounky křemene v různém stupni opracovanosti o velikosti v rozmezí 5 – 20 mm (Kněžínek 1986). Svrchní vrstva je podle mnoha autorů Rybáře a Dudka 1976, Marka 1983, Valeše 1999, Kněžína 1986, Pichlera 2005 a dalších silně zvětralá a je označována jako regelační zóna, typická pro lokalitu ve VČSA. Regelační zóna je produktem kvartérního mrazového větrání, intenzita tohoto navětrání závisí na namrzavosti příslušných hornin. Mocnost zóny silně kolísá v rozmezí cca 10 – 40 m. Zóna se vyznačuje destrukcí jílovců a tvorbou ploch nespojitosti (Pichler 2005 b). Doplnující informace o regelační zóně jsou také prezentované (Rybář, Dudek 1976) v práci, která je věnovaná plochám nespojitosti v nadložních jílovcích na lomech VČSA a Šverma.

3. 2. 2. 4. Kvartérní pokryv

(upraveno podle Pichlera 2005 b)

Uložení všech typů kvartérních sedimentů, kterému se věnuje tato podkapitola, a to jak na krystaliniku, tak na pánevních sedimentech má erozní charakter. V oblasti Krušných hor je kvartérní pokryv tvořen především deluviálními sedimenty,

charakterizované vesměs jako sutě s proměnlivým obsahem hlinitopísčitého materiálu. Sutě jsou tvořeny většinou ostrohrannými, nebo špatně opracovanými úlomky rul a křemene s proměnlivou velikostí ve spodní části přecházejí do proluví o mocnosti 10 – 20 m. Úpatí Krušných hor pokrývají terciérní sedimenty a velké množství kvartérních sedimentů především deluvií, které místy ve spodní části přecházejí do proluví s mocností 30 – 40 m. V obou případech jde o převážně hrubozrnné hlinitopísčité sutě a štěrky s různým stupněm opracování. Pro tuto oblast je charakteristická existence fosilních sesuvů (Šibeniční hůrka s mocností cca 70 m, která byla již odtěžená). V údolí Krušných hor je kvartérní pokryv tvořen zejména hrubozrnnými proluvialními štěrky, které směrem do bočních svahů přecházejí do hrubozrnných deluvií. Při vyústění údolí směrem do pánve se vytvořily dejekční kužely s vyšším stupněm opracování materiálu než v deluviích a s mocností přes 10 m.

3. 3. Hydrogeologické poměry

Ve sledované oblasti se vyskytuje několik významných zvodnělých horizontů (Hurník 1986), (Sysel 1982), které se vymezují takto:

1. Zvodnění kvartérních sedimentů
2. Zvodnění uhelné sloje
3. Zvodnění podložních psamitů
4. Zvodnění krystalinika

Kolektor představující kvartérní sedimenty je zde prezentován kolektorem s průlinovou propustností, jehož zvodnění závisí na granulometrickém složení a mocnosti sedimentů. Infiltrace vody do kvartérních sedimentů je v přímé závislosti na atmosférických srážkách, hladina podzemní vody se pohybuje v hloubkách okolo 1 – 5 m pod povrchem terénu (Hurník 1986). Propustnost kvartéru je různá, ale vzhledem k tomu, že se jedná o štěrky a náplavy krušnohorských potoků, je velice dobrá. V průměru se pohybuje okolo $10^{-5} - 10^{-6} \text{ m.s}^{-1}$ (Sysel 1982). Zvodnění uhelné sloje původně představovalo

zvodeň s velmi nízkou propustností, sekundárně však byly hydraulické vlastnosti změněny v důsledku hlubinné těžby, kdy se několikanásobně zvýšila propustnost, a důsledkem masivního čerpání důlních vod došlo ke zrychlení cirkulace vody ve sloji. K infiltraci do uhelné sloje dochází na výchozech zprostředkovaně přes kvartérní pokryv a přes propustné partie terciérních splachů (Hurník 1986). Hodnoty hydraulické vodivosti ve sloji se pohybují v řádech 10^{-6} až 10^{-7} m.s⁻¹ (Sysel 1982).

Podložní psamity tvoří komplikovanou a ne zcela spojitou zvodeň s proměnlivými hydraulickými parametry. Toto je dáno zejména rychlými změnami mocnosti jak v horizontálním, tak ve vertikálním směru petrografického a granulometrického složení písků a pískovců. Tato zvodeň je dotována dvěmi různými způsoby:

- a) při výchozech z propustných hornin kvartérního pokryvu
- b) pod pánevními sedimenty z hlubokého oběhu vod v krystaliniku

Dotace zvodněného obzoru podložních psamitů je však minimální a vlivem drenážního účinku důlní činnosti hladina vody v regionálním měřítku pozvolna klesá (Hurník 1986).

Komplex krystalinických hornin v zájmové oblasti je z hydrogeologického hlediska velmi složitý. Lze jej charakterizovat jako velmi slabě propustnou zvodeň s puklinovou propustností. V krystaliniku lze vymezit 4 typy zvodnění (Hurník 1986):

1. Pásmo povrchového zvětrání a rozpojení puklin, kde vychází krystalinikum přímo pod kvartérní pokryv a kde není jeho povrch kaolinizován. Krystalinikum tvoří s kvartérem více či méně spojitou zvodeň s mělkou hladinou podzemní vody. Dodávka vody je závislá na atmosférických srážkách.
2. Relativně uzavřený puklinový systém s minimální dotací vody.
3. Samostatné relativně propustné zvodnělé systémy puklin s živým oběhem podzemní vody.
4. Hluboké relativně propustné zvodněné systémy puklin tektonického původu v podloží pánevní výplně. Voda těchto systémů komunikuje po preferovaných cestách přes zónu kaolinicky zvětralého krystalinika se zvodněnými psamity.

3. 4. Hydrologické poměry

Zájmovou oblast můžeme vymezit dvěma horskými potoky. Na Z je oblast ohraničena Vesnickým potokem na V pak potokem Černickým. Mezi těmito toky se nachází ještě Šramnický potok, který je v současné době převeden štolou mimo oblast. Souběžně s úpatím hor lze pozorovat Albrechtický potok. Dále se ve svahu nachází vodní dílo Jezeří, které bylo vystavěno zhruba na třetím kilometru Vesnického potoka. Vody přitékající do závěrných svahů zásadním způsobem narušují stabilitu svahu, a proto je nutné při postupu lomu řešit jejich odvedení. Zmiňované toky přiváděly vodu z hor do oblasti pánve a zároveň dotovaly kvartérní sutě. Mohlo tedy dojít ke zvodnění sutí a k jejich destabilizaci. Proto je logické, že po zahájení těžby byla navržena opatření na odvedení vody podzemní i povrchové z prostoru závěrných svahů. Vody Šramnického potoka jsou odváděny přeložkou podkrušnohorského přivaděče. Vody, které jsou do oblasti přiváděny v sutích, byly odkloněny podzemní stěnou vybudovanou ze sypaného, hutněného a nepropustného jílu. Stěna sahá až k pevnému krystaliniku, do kterého je zavázána injektáží. Zachycená voda se potom potrubím odvádí do přeložky Šramnického potoka (Haas 1998, in Burda 2008).

Obdobným způsobem bylo zajištěno odvodnění i ostatních povrchových vodních toků. Tedy vybudováním štol a podzemních stěn ze sypaného hutněného jílu je voda posléze odváděna potrubím mimo zájmovou oblast. Přes veškerou snahu o dostatečné odvodnění závěrného svahu se však ani v minulosti ani v současnosti odvodnění účinně nedaří, o čemž svědčí cyklický výskyt sesuvných období při úpatí Krušných hor. Faktory ovlivňující výskyt cyklických sesuvných období je podrobněji popsán v kapitole 6.2.

4. Báňsko - geologický vývoj oblasti

(Upraveno podle Valáška et al. 2009)

V České republice je několik lokalit s výskytem hnědého uhlí, pouze část z nich je vhodná pro těžbu. Rozsáhlá hnědouhelná ložiska vznikla především v příkopové propadlině vymezené ze S Krušnými horami a z J Slavkovským lesem a Českým středohořím. V tomto prostoru jsou situovány dvě nejrozsáhlejší hnědouhelné pánve v České republice. V Z části Podkrušnohoří se jedná o Sokolovskou pánev a ve V části jde o Severočeskou hnědouhelnou pánev. V rámci ekologického omezení z roku 1991 je v těchto dvou pánvích deponována zhruba miliarda tun vytěžitelného uhlí. Všechna ostatní ložiska v Čechách a na Moravě mají v současné době utlumenu těžbu a jsou pouze připomínkou báňského rozmachu 19. a 20. století. V současné době jsou v České republice těženy pouze tři pánve: Sokolovská hnědouhelná pánev, Severočeská hnědouhelná pánev a Jihomoravská lignitová pánev. Z hlediska studijního zájmu této práce je pro nás důležitá oblast Severočeské hnědouhelné pánve.

4. 1. Severočeská hnědouhelná pánev

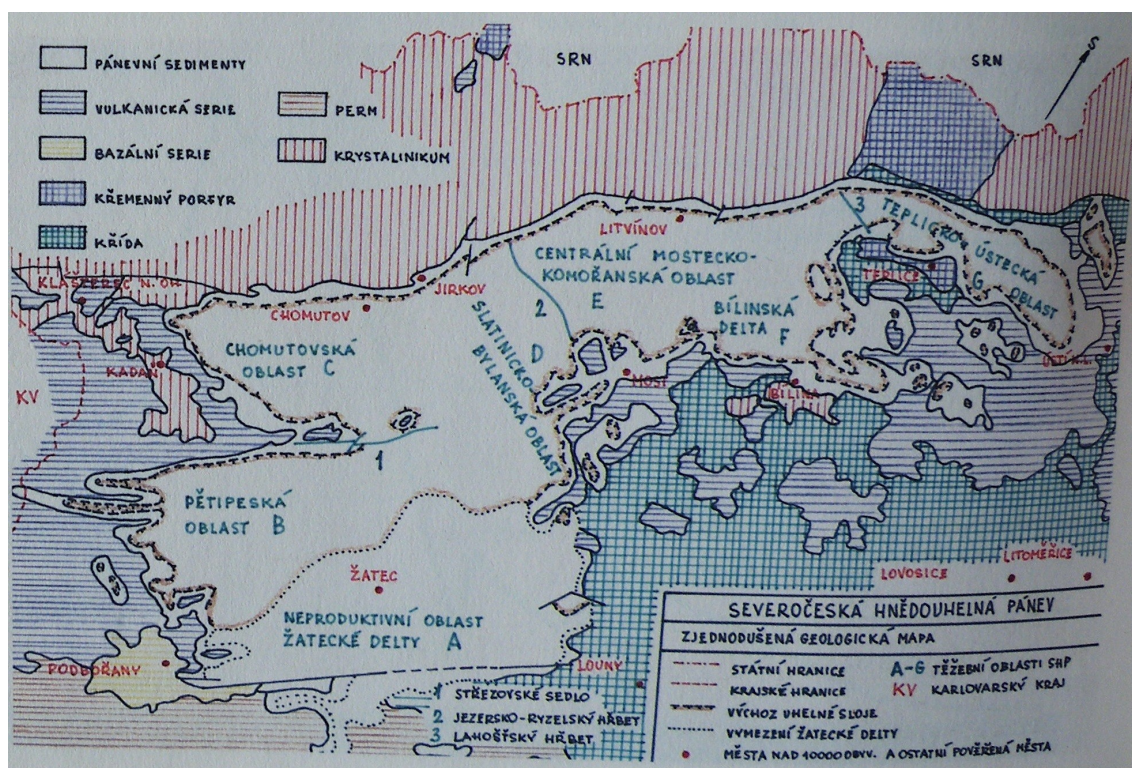
Severočeská hnědouhelná pánev má rozlohu 1420 km² a leží na území bývalých okresů chomutovského, mosteckého, lounského a ústeckého. Má délku 80 km od Kadaně po Ústí nad Labem a šířka se pohybuje od 10 – 16 km na Mostecku a Chomutovsku a okolo 2 km na Teplicku. Pánev vznikla v období oligocénu jako mělká prohlubeň postižená ve svrchním oligocénu tektonickými pohyby. V důsledku těchto tektonických pohybů se území rozpadlo na dílčí kry, které se dále vyvíjely samostatně. Výzdvihem Krušných hor na S a vulkanickou činností na J (České středohoří a Doupovské hory) se vytvořila rozsáhlá jezerní nádrž. Podloží je tvořeno krušnohorským krystalinikem, na němž jsou v jižní části uloženy permokarbonské prvohorní sedimenty, území označované jako neproduktivní žatecká delta. Navazují vrstvy svrchnokřídových sedimentů. Třetihorní vrstvy podložních partií jsou tvořeny pískovci, křemenci

a kaolinickými písky. Oligocenní a miocenní pánevní sedimenty jsou odděleny tufitickým materiálem přineseným obnovenou vulkanickou činností dané oblasti. Do spodního miocénu je řazen vývoj uhelných slojí s postupným slábnutím uhlonosné sedimentace ke konci tohoto období. Následné klesání pánevního podkladu vedlo k dotvoření rozsáhlé jezerní plochy, v níž docházelo k usazování svrchně miocenních písků a jílu nadložních souvrství. Sedimenty kvartéru zastupují štěrky, spraše a sutinové materiály.

Severočeská hnědouhelná pánev se dělí do několika těžebních oblastí (Obr. 7):

- A) Oblast žatecké delty, což je nejjihujiší část s velmi nepravidelně vyvinutou uhelnou slojí nevhodnou pro těžbu.
- B) Pětipeská oblast, ve které je sloj rozštěpena do celé řady lávek. V minulosti zde probíhala těžba hlubinným způsobem na dolech František, Julián a další. V současné době se nevyužívá k těžbě.
- C) Chomutovská oblast byla v minulosti výrazně postižena hlubinnou těžbou, byly to zejména doly Julius, Hugo, Max a další. V současnosti je těžená lomem Libouš.
- D) Oblast Slatinicko-Bylanská má v jižní části rozdělenou sloj do čtyř lávek a směrem k S se zvyšuje kvalita uhlí. V současné době zde těží dva lomy Šverma a Vršany, které jsou propojeny porubní frontou.
- E) Mostecko-Komořanská oblast, ve které je charakteristický jednotný vývoj uhelné sloje s mocností okolo 30 m. V této oblasti se nachází nejkvalitnější uhlí a je dobýváno na lokalitách dolu VČSA a hlubinným dolem Centrum. V dnešním VČSA se v minulosti nacházelo několik hlubinných dolů, které posléze výrazným způsobem ovlivňovaly těžbu v otevřeném velkolomu. Nejvýznamnější z nich byl důl Grahmann založený roku 1892 bratry Grahmannovými, po roce 1948 přejmenovaný na důl Maršál Koněv. Tento důl těžil metodou komorování na zával sloj o mocnosti 20 – 30 m v hloubce asi 110 m. Důl byl v provozu do roku 1978, poté byl opuštěn a zlikvidován.
- F) Bílinská delta se nachází v JV části, kde v současné době provádí těžbu lom Bílina.

G) Teplicko-Ústecká oblast ukončila těžbu v rámci útlumu uhelného hornictví v roce 1997 zastavením provozu ložiska Chabařovice.



Obr. 7: Rozložení těžebních oblastí v SHP (Valášek et al. 2009)

5. Geologická prozkoumanost

V širším prostoru zájmového území sahají počátky geologických průzkumných prací do dávné minulosti. Tyto práce souvisely s vyhledáváním a těžbou barevných kovů a s výskytem hnědého uhlí. Nejstarší práce jsou spojeny se jmény Jokély (1857, 1858) a Laube (1876, 1884, 1887). Další rozvoj geologického průzkumu souvisí s rozmachem těžby hnědého uhlí v roce 1945. Důkazem je například vznik podrobné geologické mapy, na jejíž tvorbě se podílela řada autorů (Vilímek 1992).

V sedmdesátých letech 20. století se geologický průzkum orientoval zejména na oblast krušnohorského svahu sousedící s pánevni výplní a na pánevni výplň samotnou. Stupeň

prozkoumanosti pánevní výplně byl vždy vyšší v důsledku rozsáhlého ložiskového průzkumu. V souvislosti s těžbou hnědého uhlí formou otevřených velkolomů a snahy vytěžit co nejvíce uhelné substance u paty Krušných hor se potom postupně měnilo zaměření průzkumných prací z ložiskového průzkumu na práce spojené s řešením stability bočních svahů lomu a svahů Krušných hor. Další soubor prací je zaměřen na hydrogeologii a způsob odvodnění lomu. Jako nástroj průzkumných prací byly vedle vrtných a báňských děl použity také geofyzikální metody a inženýrskogeologické mapování.

Pochybnosti o stabilitě krušnohorského svahu po odtěžení sedimentů uložených při jeho patě byly podmětem pro intenzivní zkoumání oblasti VČSA, které probíhalo od poloviny 70. let minulého století. První velkou prací, která odstartovala následný podrobný inženýrskogeologický výzkum, bylo mapování SG Praha provedené Markem. Následně byl proveden také hydrogeologický průzkum, jehož závěrečná zpráva byla předložena v roce 1987. Další v pořadí byl inženýrskogeologický průzkum pro řešení stability areálu Jezeří zhotovený také SG Praha to v roce 1981. Po té následoval inženýrskogeologický výzkum stabilitních poměrů předpolí VČSA provedený SG Praha a ÚGG ČSAV v roce 1981. Pro detailnější popis a pochopení strukturní stavby krušnohorského krystalinika byly vyraženy dvě štoly. Štola Jezeří byla ražená v letech 1980 – 1981 v podzákladí zámku a po té štola Jezerka ražená pod stejnojmenným vrchem. Dále bylo provedeno ještě několik vrtů v okolí zámeckého areálu Jezeří. V roce 1984 bylo území VČSA včetně krušnohorského svahu strukturně a ložiskově přehodnoceno Báňskými projekty Teplice. Po tomto přehodnocení byl prováděn již jen přesně definovaný doplňkový průzkum. Souhrnné vyhodnocení geologických poznatků VČSA provedla v roce 1997 v rámci výpočtu zásob Geologická služba (Valeš 1999). Později se speciální inženýrskogeologický průzkum přenesl do prostoru předpokládaného rozvoje VČSA po roce 2010, tedy na V od bývalé obce Albrechtice. Průzkum realizovala SG Praha a vedle vrtného průzkumu byla použita i průzkumná báňská díla. V od Černic byla v terciérních jílovcích vyhloubena jáma s rozrážkou do krystalinika. Mezi Horním Jiřetínem a Janovem byla vyražena štola, která prošla vulkanity a byla ukončena v krystaliniku.

Na výzkumných a průzkumných pracích v zájmové lokalitě se podílelo mnoho firem a mnoho vědců a pracovníků z různých oborů, o jejichž výsledcích by bylo dobré

se zmínit. Mezi nejvýznamnější obory, které se při výzkumu a průzkumu uplatnily, patří geotechnika, hydrogeologie, geofyzika, geodézie a kontrolní sledování, ale i některé další. Všechny tyto obory "zastřešuje" a jejich poznatky propojuje inženýrská geologie jako interdisciplinární obor.

Co se týče hydrogeologie, je logické, že ta se zaobírala zejména studiem režimu oběhu podzemních vod v pánevních sedimentech, v krystaliniku a na rozhraní těchto odlišných prostředí. Touto problematikou se ve svých pracích zabývali například Hanzlík a Hnyková (1981). Dále se v rámci zmíněného oboru řešil problém odvodnění lomu (Sysel 1978, 1982), (Hurník 1986), (Haas 1998)

Inženýrsko geologické mapovací práce jsou na lokalitě VČSA spojeny zejména se jménem Marka (1977, 1981, 1982, 1983), který zde působil v rámci průzkumného projektu SG Praha. Komplexní průzkum z hlediska inženýrské geologie zde prováděly autorky Bůžková a Čechová (1982) a o dva roky později ještě jednou Bůžková (1994). Další významní vědci a autoři zabývající se faktory ovlivňující stabilitu svahů z inženýrsko geologického hlediska v několika svých pracích jsou například Rybář (1979, 1982 a další), Kudrna (1982), Smolař (1985), Kněžínek (1986). Inženýrská geologie a geotechnika se uplatnila také při sanacích vzniklých sesuvů, zde se mi dostali do rukou práce Valeše (1999) a Pichlera (2005 a, b, c).

Dalším významným oborem, bez kterého bychom jen těžko určovali vývoj a postup deformací, je obor kontrolního sledování. Zde se zdají být významné práce Rozsypala (1981, 1982), který se věnoval metodice kontrolního sledování svahu pod Jezerkou pro budoucí řešení stability svahů. Významné je také geodetické sledování vodorovných a svislých pohybů Vyskočil (1983).

Protože je zájmová oblast situována v místě s významnými tektonickými poruchami je i strukturní geologii a geologické stavbě obecně věnována značná pozornost. Názory na krušnohorský zlom i na vznik Severočeské hnědouhelné pánve jsou značně rozdílné. Analyzovat se je pokusil například kolektiv autorů Ústředního ústavu geologického pod vedením Malkovského v roce 1982 a dále již zmiňovaný Marek, který tektonické poměry mohl ověřit i při dokumentaci několika báňských děl zejména štoly pod zámek Jezeří. Dalšími autory, kteří popisují strukturně geologické poměry v oblasti, jsou například Dudek (1978), Elznic a Hurník (1980) a další. Asi nejucelenější představu o geologické stavbě okraje Severočeské hnědouhelné pánve

podávají Čech a Zelenka (1983).

6. Klasifikace svahových deformací

Otázka stability svahů je vždy jednou ze zásadních otázek projektování a realizace technických prací. Nejinak tomu je v případě lomové těžby, kde otázka stability svahů je zásadní pro postup těžby. Je tedy důležité seznámit se alespoň se základní klasifikací svahových pohybů a také s faktory, které stabilitu svahů ovlivňují. Pro tento účel byla vybrána klasifikace autorů Záruby a Mencla (1987), kteří se inspirovali klasifikací navrženou Němčkem et al. (1974). Zde jsou uvedeny hlavně typy deformací, které se vyskytují v zájmové lokalitě, jíž se zabývá tato diplomová práce.

Uvedená klasifikace rozděluje svahové pohyby podle mechanismu a rychlosti pohybu na čtyři základní skupiny: ploužení (creep), sesouvání, stékání a řícení. Klasifikace k ploužení řadí pohyby ve zlomcích milimetrů za rok. K sesouvání se řadí poměrně rychlé pohyby podél zřetelné smykové plochy. Pokud sesouvající se hmoty mají takový obsah vody, že pohyb má charakter tečení, vznikají zemní suťové a bahenní proudy, jedná se o stékání. Ke skalnímu řícení jsou řazeny rychlé pohyby pevných hornin, při nichž se uplatňuje volný pád (Záruba, Mencl 1987).

Podrobněji o deformacích, které se dají očekávat ve VČSA

1. **Plouživé pohyby (creep):** Burda ve své práci (2008) definuje creep takto: "Jde o velmi pomalé, dlouhodobé a nezrychlující se pohyby, jimž chybí zřetelná smyková plocha. Hloubka pohybu je různá, může se jednat o pohyb zasahující do značných hloubek (např. sesuvů plošného tvaru a hlubinného ploužení horských svahů), ale také o pohyby postihující jen svrchní vrstvy. Typické je hákování vrstev. Do této skupiny pohybů spadají plouživé pohyby sutí a zvětralín, soliflukce, hlubinné ploužení horských svahů, gravitační vrásnění, vytlačování měkkých hornin na dně údolí a pomalé pohyby horninových bloků na měkkém podloží blokové sesuvy."
2. **Sesouvání:** definujeme jako relativně rychlé pohyby hornin po svahu a jsou odděleny od podloží zřetelnou smykovou plochou, nebo zónou (Záruba, Mencl 1987). Němček (in: Záruba, Mencl 1987) dále sesouvání dělí podle tvaru

smykových ploch. Sesouvání se v různých podobách v zájmové lokalitě hojně vyskytuje, například plošný sesuv podél rotačně - planární nebo mírně zvlněné smykové plochy jsou velmi časté. (Obr. 8)



Obr. 8: Sesuv plošného tvaru v proluviálních štěrcích VČSA (situovaný na závěrném svahu východně od arboreta)(foto autor)

3. **Stékání:** Do této skupiny řadíme svahové pohyby, při nichž mají pohybující se hmoty takové množství vody (cca hornina – voda v poměru 1:1), že pohyb má charakter tečení. Jde zpravidla o pohyby svahových sutí a zvětralin, které se uvolnily v odlučné oblasti horní části svahu a odtékají po povrchu území ve formě proudu (Záruba, Mecní 1987). Na svazích VČSA se vyskytuje zejména jeden z typů stékání, a to proudové sesuvy. (Obr. 9)



Obr. 9: Proudový sesuv v jílovito písčitých deluviích VČSA (situovaný pod pilířem Jezerka) (foto autor)

4. **Řícení:** Jako skalní řícení označujeme náhlé říťivé pohyby uvolněných bloků, nebo vrstevních komplexů ze strmých skalních stěn. Při pohybu se uplatňuje volný pád a pohyb nenastává po výrazné smykové ploše (Záruba, Mencl 1987). Také tento typ se vyskytuje v zájmové oblasti, i když v menšině a pouze v místech kde jsou odkryté horniny krušnohorského krystalinika (Obr. 10)



Obr. 10: Skální řícení na bočním svahu VČSA v místech odkrytých hornin krystalinika odlehčovacími řezy (foto autor)

6. 1. Obecné faktory ovlivňující svahové pohyby

Stejně důležité a možná ještě důležitější než správná klasifikace svahového pohybu je správně rozpoznat vlivy, které svahové pohyby způsobily. To je důležité zejména k tomu, abychom mohli navrhnout ekonomická a hlavně účinná sanační opatření. Záruba a Mencl (1987) udávají: "Náchylnost svahu k sesouvání je dána geologickou strukturou, vlastnostmi hornin, hydrogeologickými poměry a stavem morfologického vývoje území. Jedině přesná a skutečně vystihující diagnóza umožňuje poznat stupeň nebezpečí a navrhnout účelná zabezpečení svahu." Dále vymezují nejvýznamnější faktory které, kromě geologické struktury, sesouvání způsobují.

1. **Změna geometrie svahu.** Pod tento bod můžeme zahrnout dvě podskupiny. První je změna sklonu svahu, která je často způsobena přirozenými erozními procesy, ale většina svahových pohybů spojených se změnou sklonu

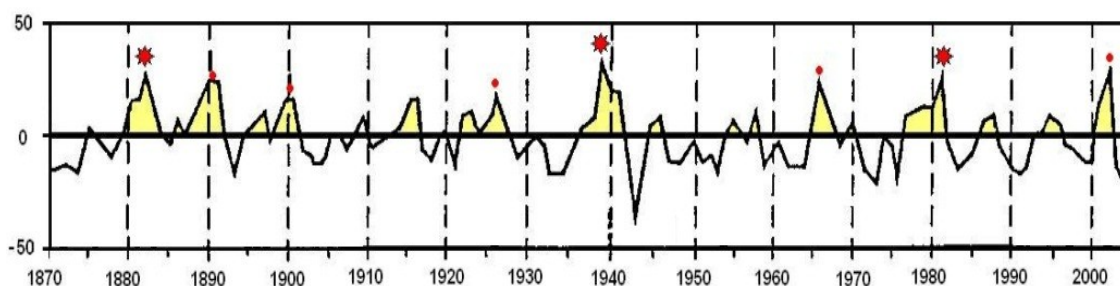
je způsobena umělým zásahem do přirozeného prostředí (např. zářezy dopravních staveb, násypy atd.) V případě VČSA je zřejmé, že většina svahových deformací je dána antropogenním zásahem do sklonu svahu. Při změně sklonu svahu dochází k růstu napětí ve smyku. Za druhé do této skupiny patří zvětšení výšky svahu, což je obdobný případ, ale způsobený jinými činiteli.

2. **Přetížení násypy.** Přetížení způsobuje růst smykových napětí a zvětšení pórových tlaků v zemině. Přetížení je tím nebezpečnější, čím je rychlejší.
3. **Otřesy a vibrace.** Zde se jedná o zemětřesení, technogenní seismicita, výbuchy, ale i otřesy vzniklé provozem různých strojů. Při otřesech dochází k dočasným změnám napětí, které mohou porušit rovnováhu svahu.
4. **Změny obsahu vody.** Voda v zeminách tvoří celkem rozsáhlou kategorii, ale hlavně má voda zásadní vliv na stabilitu svahů. Toto se potvrzuje i v zájmové lokalitě. Voda se do horninového prostředí dostává několika způsoby, buď z atmosférických srážek (déšť, tání sněhu), nebo voda podzemní. Voda v zemině způsobuje růst napětí v pórech a pevnost ve smyku tedy klesá. Proudící podzemní vody mohou vyplavovat rozpustný tmel, nebo mohou působit tlak na částice zeminy.
5. **Činnost mrazu.** Zde je zřejmé, že cyklické zamrzání a rozmrzání vody v pórech působí nepříznivě na stabilitu svahu (např. vznikem nových trhlin, vznikem ledových vrstviček atd.) a zhoršení pevnostních parametrů.
6. **Zvětrávání hornin.** Postupně se porušuje soudržnost hornin.
7. **Změny ve vegetačním pokryvu.** Kořeny rostlin udržují stabilitu svahu a také mohou svah částečně odvodňovat.

6. 2. Faktory způsobující svahové deformace ve VČSA

Předmětem mé diplomové práce jsou recentní sesuvy vzniklé v sedimentární výplni pánve. Dále tedy nebudu rozebírat vznik fosilních sesuvů, které vyčerpávajícím způsobem popisují např. Absolon (1987), Špůrek (1974), Zmítka (1983) a další. Nebude zde řešena ani stabilita Krušných hor, kterou se obšírně zabývá např. Marek.

Stabilita závěrného svahu na lokalitě VČSA je ovlivňována zejména geologickými, antropogenními a klimatickými procesy, kombinace všech těchto faktorů má za následek drtivou většinu všech svahových deformací na lokalitě. Závěrné svahy lomu jsou většinou budovány materiálem, který má charakter sutí. Tyto sedimenty spočívají na komplexu nadložního souvrství (jíly regulační zóny, podrobně v kapitole 3. 2. 2. 3). V důsledku důlní činnosti se staly dříve stabilní sutě součástí strmých antropogenních svahů. Kombinace výše popsaného geologického a antropogenního faktoru nebyly ve většině případů spouštěcím mechanismem svahového pohybu, protože svahy byly samozřejmě projektovány se stabilním generelním sklonem. Rozhodující vliv na rozvoj svahových deformací má klimatický faktor (Rybář a Novotný 2005). Tito autoři uvádějí, že pro aktivaci pohybů musí být dosažena určitá kritická úroveň zvodnění, což u podkrušnohorské terciérní pánve činí dvou a tříleté období. Rybář a Novotný (2005) dále poukazují na to, že při výskytu anomálních srážek může dojít k aktivaci svahové činnosti (Obr. 11).



Obr. 11: Dvouleté rozptýlené roční úhrny srážek v milimetrech (střední a severní Čechy). Hvězdičkou je označeno obnovení sesuvné činnosti velkého rozsahu, tečkou oživení lokálního významu. (Rybář a Novotný 2005)

Z výše uvedeného vyplývá, že při kombinaci jílového komplexu v podloží, sutí

náchylných na zvodnění a vysokých antropogenních svahů, může při vyšších srážkových úhrnech dojít ke kritické úrovni zvodnění a rozvoji smykové plochy.

7. Geotechnická charakteristika

Zájmová oblast je tvořena dvěma základními, odlišnými geotechnickými celky, celek krystalinika a celek pánevní výplně (Smolař 1985). Důležité je zmínit, že rozdílnost obou výše uvedených celků z pohledu geotechnické charakteristiky je zejména v odlišné metodice stanovení požadovaných parametrů. Pro účely této práce se budu zabývat zejména geotechnickými poměry pánevní výplně, ale rád bych také uvedl několik poznatků, co se týče geotechnické charakteristiky hornin krystalinika.

7. 1. Geotechnická charakteristika hornin krystalinika

Horniny krystalinika tvoří v zájmové oblasti velmi složitý komplex, složený z výrazných, tektonicky, porušených zón (Marek 2005) a bloků neporušeného krystalinického masivu. Geotechnické charakteristice masivu krystalinika se v zájmové oblasti věnuje např. Kněžínek (1986), který uvádí, že klasifikace hornin krystalinika byla provedena klasifikačním postupem podle Z. T. Bieniewskim založeným na posuzování podle těchto kritérií:

1. Pevnost horniny v jednoosém tlaku, nebo v bodovém tlaku
2. Kvalita vrtného jádra (RQD)
3. Četnost diskontinuit
4. Tvar, drsnost, zvětrání ploch a výplň diskontinuit
5. Vliv podzemní vody

Kněžínek (1986) uvádí, že princip klasifikace spočívá v ocenění jednotlivých charakteristik počtem procentních bodů, jejichž celkový součet v optimálním případě

může dosáhnout hodnoty 100. Ohodnocení je označováno jako RMR (Rock Mass Rating). Hodnocení horninového masívu bylo využito na jeho rozčlenění do kvazihomogenních celků. Ve SG Praha bylo provedeno mnoho polních a laboratorních zkoušek pro získání parametrů krystalinických hornin. Byly vyhodnoceny smykové pevnosti a přetvárné vlastnosti hornin a dále fyzikální vlastnosti diskontinuit. Parametry je možno dohledat v práci Kněžínska (1986).

7. 2. Geotechnická charakteristika pánevní výplně

Pánevní výplň je z geotechnického hlediska tvořena materiálem charakteru zemin a poloskalních hornin. Tyto materiály lze na základě shodných vlastností rozdělit do několika kvazihomogenních celků, na čemž se shoduje řada autorů Smolař (1985), Kněžínska (1986), Komín et al. (1998), Kurka et al. (2000) a další. Zmiňovaní autoři rozdělují pánevní výplň takto (uvedeno podle Smolaře 1985):

1. Kvartér, reprezentovaný sutěmi a proluvialními štěrky (výjimečně hlinitopísčité sutě).
2. Terciární nadložní jíly a jílovce, popř. i prachovité jíly.
3. Terciární mezislojové písčité jílovce a prachovce jílnaté písky a siltovce.
4. Uhelná sloj.
5. Terciární podložní písčité a prachovité jílovce, jílnaté písky a slabě zpevněné pískovce.
6. Jílnaté pískovce, prachovce a jílovce křídového stáří
7. Rula navětralá až zvětralá, tektonické brekcie jako bezprostřední podloží pánevních sedimentů.

Pro stanovení geotechnických parametrů se v současné době využívá celá řada metod založených na různých principech. Například můžu zmínit zkoušení vzorků v laboratoři geomechaniky, polní zkoušky, nebo zpětnou numerickou analýzu podle výsledků monitoringu. Laboratorní a polní zkoušky jsou nejčastěji používanými metodami

pro stanovení parametrů, a proto z nich pochází drtivá většina archivních údajů. Při přebírání archivních údajů do výpočtů, je nutné výsledkům různých autorů věnovat náležitou pozornost a popřípadě výsledky korigovat. Důvodem je fakt, že výsledky se mnohdy výrazně liší, bez bližších informací o tom, jakým způsobem byly prováděny laboratorní zkoušky, ze kterých data pocházejí.

Z archivních materiálů se mi podařilo zajistit poměrně podrobné informace týkající se pevnostních a deformačních parametrů zemin pánevní výplně. Touto problematikou se podrobně zabývá např. Smolař (1985), který předkládá výsledky průzkumu v rámci zakázkové činnosti SG Praha i posudky expertů. Většinou se jedná o údaje reprezentující vždy jednu z uvedených geotechnických vrstev.

Průměrné hodnoty indexových vlastností geotechnických vrstev pánevní výplně, jak byly popsány, byly stanoveny laboratorními zkouškami na základě vzorků odebraných z vrtných jader. Tyto geotechnické typy spolu se stručnou charakteristikou výsledků klasifikačních zkoušek jsou pro potřeby mé diplomové práce převzaty z prací Smolaře (1985), Kněžíneka (1986), Komína (1998) a Kurky (2000) jejichž výsledky jsem vzájemně porovnával a korigoval.

První geotechnická vrstva představuje kvarterní pokryv tvořený sutěmi, charakteru písčito – hlinité zeminy s kolísající příměsí málo opracovaných úlomků hornin různé velikosti. Smyková pevnost je u tohoto typu materiálu ovlivněna relativně velkými rozdíly v zrnitostním složení. Průměrné hodnoty indexových vlastností jsou uvedeny v tabulce (Tab. 1).

Kvarterní pokryv - sutě	
Přirozená vlhkost w_n	6,6 – 16 %
Vlhkost na mezi tekutosti w_L	30 – 50 %
Vlhkost na mezi platicity w_P	22 – 21 %
Index plasticity I_p	9 – 29 %
Objemová hmotnost suché zeminy ρ_d	1904 - 2045 kg/m ³

Tabulka 1: Průměrné hodnoty indexových vlastností sutí kvarterního pokryvu (Kněžínek 1986)

Další geotechnickou vrstvou jsou terciární nadložní jíly a jílovce o relativně velké mocnosti. Charakter celé vrstvy se mění s hloubkou od tuhého, pevného jílu ve spodní vrstvy až k tvrdému jílovcu, mající charakter poloskalní horniny. Je tedy patrné, že indexové vlastnosti mohou být velmi variabilní, přesto jsou zde pro úplnost uvedeny v tabulce (Tab. 2).

Nadložní jíly a jílovce	
Přirozená vlhkost w_n	14,9 – 41,1%
Vlhkost na mezi tekutosti w_L	33 – 96 %
Vlhkost na mezi platicity w_p	20 – 38 %
Index plasticity I_p	13 – 58 %
Objemová hmotnost suché zeminy ρ_d	1273 – 1847 kg/m ³

Tabulka 2: Průměrné indexové vlastnosti, nadložní jíly, jílovce (Kurka 2000)

Vrstvu uhelné sloje popisuje Kněžínek (1986) jako uhlí detritické s proplásky uhelných jílu. Hodnoty parametrů v okrajové části pánve jsou uvedeny v tabulce (Tab. 3)

Uhelná sloj	
Přirozená vlhkost w_n	26,50%
Vlhkost na mezi tekutosti w_L	neměřeno
Vlhkost na mezi platicity w_p	neměřeno
Index plasticity I_p	neměřeno
Objemová hmotnost suché zeminy ρ_d	1400 - 1500 kg/m ³

Tabulka 3: Průměrné indexové vlastnosti uhelné sloje (Kněžínek 1986)

Místy se vyskytuje materiál jílnatých nebo prachovitých písků, který tvoří vložky v nadložních jílech, směrem do hloubky tohoto materiálu přibývá a mění se na vrstvu tvořenou písiky, silty, prachovci charakteru jemných jílovitých až prachovitých písků nebo soudržných hlinitých písků. Kněžínek (1986) a Smolař (1985) popisují výskyt

materiálu podobných vlastností, jen s větším obsahem hrubozrnné frakce, také v podloží uhelné sloje. Průměrné hodnoty jsou uvedeny v tabulce (Tab. 4)

Písky, silty, podloží sloje	
Přírozená vlhkost w_n	16,2 – 24,3%
Vlhkost na mezi tekutosti w_L	40 – 51 %
Vlhkost na mezi platicity w_P	29 – 31 %
Index plasticity I_p	9 – 22 %
Objemová hmotnost suché zeminy ρ_d	1482 - 2092 kg/m ³

Tabulka 4: Průměrné indexové vlastnosti písky, silty, podloží sloje (Kněžínek 1986)

Pevnostní a deformační charakteristiky zemin vstupujících do výpočtu jsou uvedeny v kapitole 9. „Matematické modelování“ v tabulce 8. Zde bych chtěl pouze uvést, že pro řešení stability byly použity defektivní parametry smykové pevnosti ϕ' , c' a to z důvodu toho, že závěrné svahy jsou sice pouze dočasné, ale jejich stabilita musí být zajištěna na relativně dlouhou dobu. Efektivní parametry jsem zvolil proto, že lépe vystihují chování masivu v dlouhodobém měřítku.

8. Popis svahových deformací zjištěných v terénu

Pro účely předkládané diplomové práce bylo provedeno inženýrskogeologické mapování na bočním svahu VČSA. Mapovací prostor byl vymezen v rámci povolení vedoucích orgánů společnosti Litvínovské uhelné a.s. V tomto prostoru se nám podařilo vymapovat několik sesuvných oblastí, které jsou prezentovány v následujícím textu a podrobně zakresleny do mapy závěrného svahu VČSA v měřítku 1:5000, která je přílohou DP (Příloha 1) a je připojena k vazbě. Podrobněji se pak budeme věnovat sesuvné oblasti, která je v současné době aktivní a je hlavním předmětem této diplomové práce. Pořízena byla fotodokumentace svahových deformací v zájmové

oblasti, která je označena také jako příloha (Příloha 2) a je umístěna na konci práce.

V důsledku postupného odlehčování paty svahu spojeného s postupem lomu se postupně začaly rozvíjet mohutné svahové deformace. Jedna z největších se nachází v nejzápadnější části mapovaného území. Podle Komína et. al (1998) došlo ke vzniku tohoto sesuvného komplexu v polovině 80. let minulého století, kdy se vyvinula mohutná odlučná stěna s výškou cca 10 až 20 m a délkou cca 280 až 300 m (Příloha 2, Foto. 1). Na Z straně je odlučnou stěnou porušené betonové koryto (Příloha 2, Foto. 2). Šířka sesuvu se pohybuje v rozmezí cca 260 až 320 m. Pata sesuvu se nachází prakticky na dně dolu, délka se tedy pohybuje okolo 400 až 500 metrů. Tato sesuvná oblast byla způsobena jednak odlehčením paty svahu v důsledku těžby a dále pronikáním podzemní vody přes vybudované podzemní stěny. Voda se podílí na progresivním postupu odlučné stěny a zátrhů S směrem až do dneška. V současné době je tento sesuvný komplex dočasně uklidněný, avšak fakt, že je smyková pevnost snížena až na hodnoty reziduální smykové pevnosti ($\varphi'_r = 8^\circ$ $c'_r = 0$) značně stíží první etapu sanačních prací, které probíhají od dubna roku 2011. Sanace je založena na odtěžení přebytečného materiálu a tím zmírnění sklonu svahu a dále dosypání materiálu při patě svahu, čímž také dojde ke zvýšení stability.

Dále směrem na V se nachází stabilitní pilíř Jezerka, který tvoří západní hranici výše popsané deformace a zároveň vytváří stabilní předěl mezi dalším výrazným sesuvným komplexem, vytvořeným na bočním svahu Jánského vrchu. Významný pohyb tohoto komplexu byl zaznamenán v roce 1998 Komín et. al (1998). Sesuvná oblast má výraznou odlučnou stěnu vysokou cca 50 až 60 m, odhadnuto v terénu (Příloha 2, Foto. 3). Ze Z je sesuv výrazně bočně ohrazen pilířem Jezerka, ohraničení V části je méně výrazné, šířka sesuvu se pohybuje okolo 250 až 400 m, délka je cca 800 až 1000 m. Po průchodu terénem lze hlavní znaky této sesuvné oblasti v současnosti shrnout následovně. Oblast je v podstatné míře ovlivněná přítomností vody, tak že se jedná o oblast pohybujících se zvodnělých suťových proudů, což je patrné zejména v dolní části svahu (Příloha 2, Foto. 4). Oba výše popsané sesuvné komplexy se pod pilířem Jezerka spojují a není zde patrné rozhraní. Pilíř Jezerka tedy tvoří jakýsi stabilní klín mezi oběma sesuvnými komplexy, což je patrné na obrázku (Obr. 12).



Obr. 12: Rozložení sesuvů okolo pilíře Jezerka (foto autor)

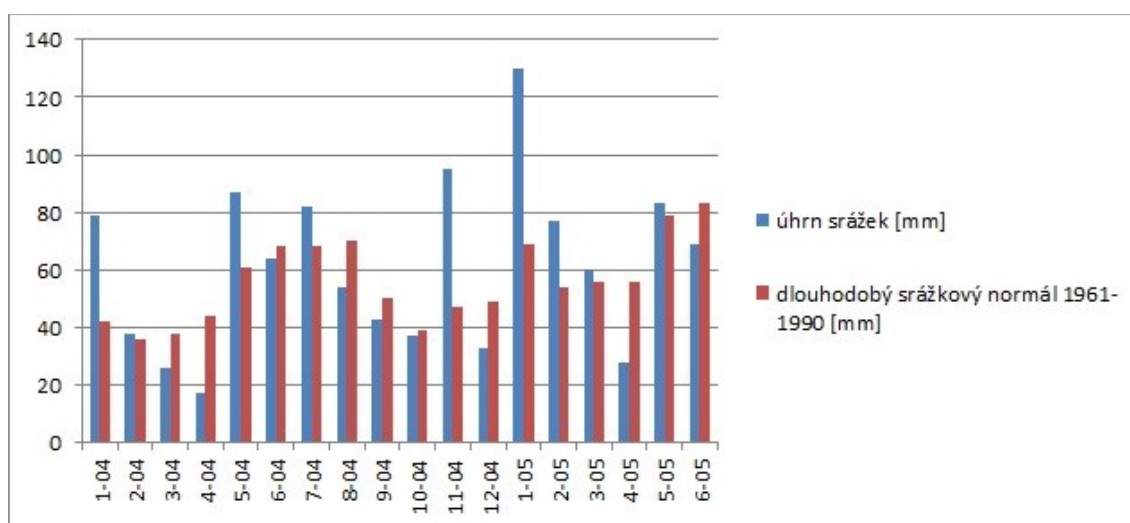
Stejně jako pro první, tak i pro druhou oblast jsou v současné době projektovány sanační zásahy, které jsou označeny jako druhá etapa sanací.

Postupně dál směrem na V lze pozorovat zřetelný proudový sesuv, tvořený převážně suťovým materiálem transportovaným opět za pomoci vody směrem ke dnu lomu (Příloha 2, Foto. 5). Při dalším postupu na V se dostáváme do relativně stabilní oblasti, kde jsme nepozorovali žádné výrazné deformace. Pouze v horní části svahu v místech, kde jsou odkryty horniny krystalinika odlehčovacími řezy, dochází k uvolňování větších bloků krystalinika, to znamená, že dochází ke skalnímu řícení.

Nejmladší a v současné době aktivní sesuvný komplex se nachází přímo pod zámkem Jezeří na západní straně arboreta. Tento sesuvný komplex je předmětem rozsáhlejšího rozboru a dále se mu v práci věnuji podrobněji v samostatné podkapitole 8.1

Další významný, ale dnes již málo výrazný sesuv, který jsme při mapování zaregistrovali, se nachází pod arborem na svahu pilíře Jezeří. Jedná se o sesuv plošného tvaru z června 2005 s hloubkou smykové plochy od 20 do 37 m, což bylo ověřeno penetračním průzkumem. Sesuv se vyvinul v materiálech dvojího druhu, jednak v rozvětralých jílech nadložního souvrství (regelační zóna) a dále v sedimentech kvarterního stáří (deluviální štěrky). Rybář a Novotný (2005) poukazují na souvislost vzniku sesuvu se zvýšením množství vody v masivu v důsledku srážek a jejich

kumulace, a to i přes to, že k sesuvu došlo v období s dlouhodobě podprůměrnými úhrny srážek. Tuto myšlenku dále rozvádí Burda (2008), který uvádí, že celý květen 2005 výrazně přšelo přičemž srážkové úhrny dosáhly 133,9% normálu (podle údajů z meteorologické stanice Boleboř 640 m n.m.), čímž pravděpodobně došlo ke kritické úrovni zvodnění a následné srážky v červnu, tři dny před sesuvem, se uplatnily jako spouštěcí mechanismus. Úhrny srážek za období od 1. 1. 2004 do 31. 6. 2005 jsou uvedeny v tabulce (Tab. 5) a na obrázku (Obr. 13). Vzhledem k umístění sesuvu přímo nad porubní frontou hrozilo přímé ohrožení těžby a v důsledku toho byl sesuv urychleně sanován. Pichler (2005 c) popisuje postup sanace tak, že z celkového objemu zemin postižených sesuvem plošného tvaru ve výši cca 6300 tis. m³ bylo odtěženo cca 2300 tis. m³ ve dvou odlehčovacích řezech a tím došlo ke zmírnění generálního sklonu svahu. Aby nedošlo k opakování situace bylo nutné vzhledem ke spouštěcímu mechanismu sesuvu provést účinné odvodnění svahu. Ochrana před vniknutím povrchových vod z atmosférických srážek do prostoru lomu byla zajištěna odvodňovacím příkopem. Na závěrném svahu jsou pod bývalou obcí Albrechtice také umístěny pomocné čerpací stanice respektive čerpací studny, které zachycují povrchové vody a vývěry z prostoru suťových řezů a z prostoru arboreta. Vody z těchto pomocných čerpacích stanic jsou taženy do jímky čerpací stanice Albrechtice a dále přečerpávány do odvodňovacího příkopu.



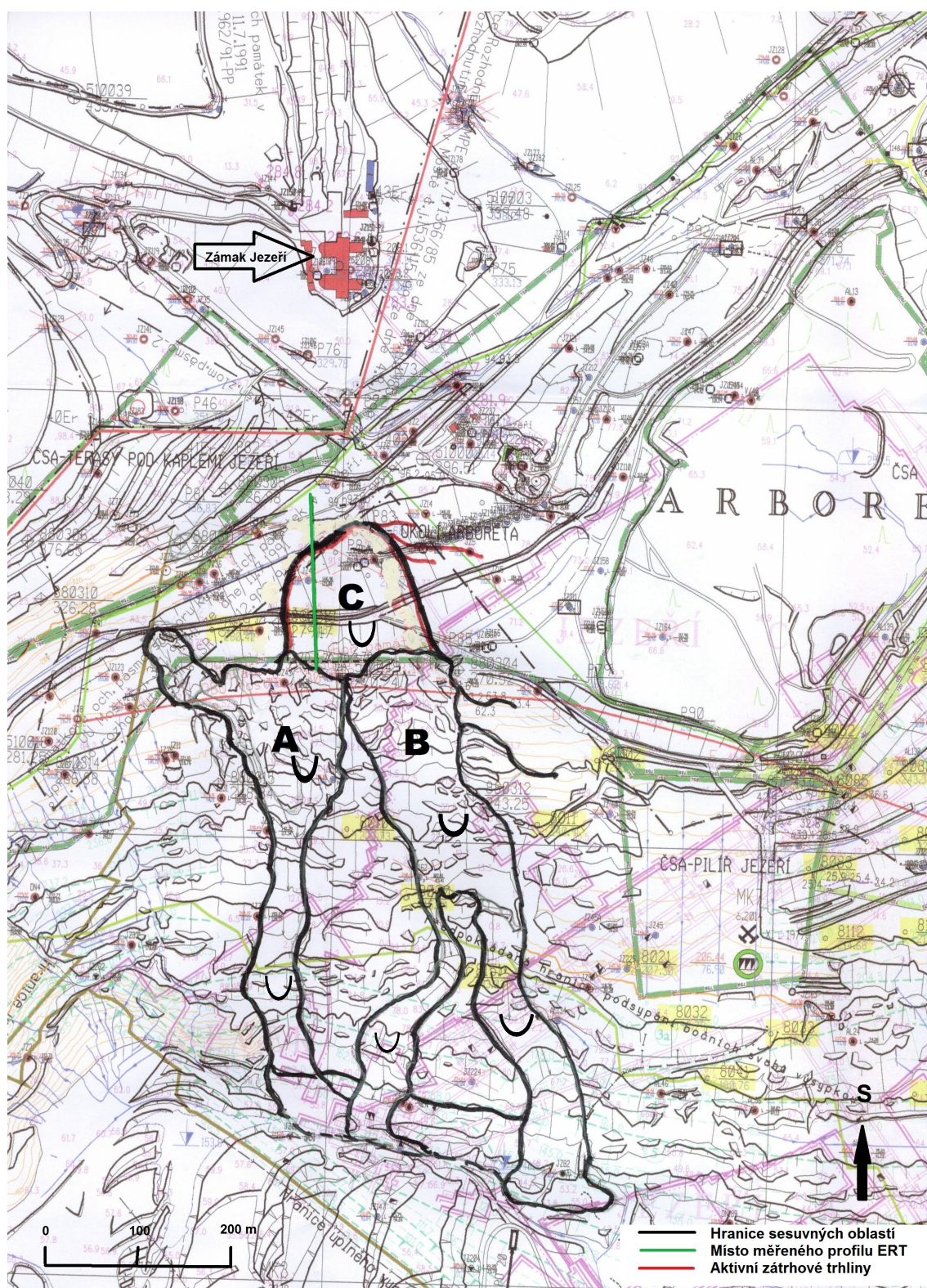
Obr. 13: Úhrn srážek za sledované období před sesuvem roků 2004-2005, průměrné hodnoty pro ústecký kraj (zdroj ČHMÚ)

datum: měsíc-rok	1-04	2-04	3-04	4-04	5-04	6-04	7-04	8-04	9-04	10-04	11-04	12-04	1-05	2-05	3-05	4-05	5-05	6-05
úhrn srážek [mm]	79	38	26	17	87	64	82	54	43	37	95	33	130	77	60	28	83	69
dlouhodobý srážkový normál 1961-1990 [mm]	42	36	38	44	61	68	68	70	50	39	47	49	69	54	56	56	79	83
úhrn srážek v % normálu 1961-1990	191	105	68	39	142	94	120	78	87	95	203	67	190	142	106	51	106	83

Tabulka 5: Hodnoty srážek za sledované období před sesuvem průměrné hodnoty pro ústecký kraj z roků 2004-2005 (zdroj ČHMÚ)

8. 1. Podrobný popis vybrané svahové deformace

Na V studovaného území pod zámkem Jezeří byly na základě terénního mapování zjištěny 3 sesuvy (A, B, C), které dohromady tvoří sesuvný komplex (Obr. 14). Tento sesuvný komplex částečně narušuje západní část ochranného pilíře. Nejmladší sesuv „C“ jsem si zvolil jako předmět zkoumání v této diplomové práci, a proto bude popsán samostatně a podrobněji.



Obr. 14: Rozdělení sesuvného komplexu pod zámkem Jezeří (podklad režimní mapa VČSA zakreslil autor)

Dva starší sesuvy A a B se vyvíjely mezi lety 2000 – 2006 a jejich základní morfometrické charakteristiky jsou uvedeny v tabulce (Tab. 6), (Malamud et al. 2004 in Burda 2011). Tyto dva sesuvy jsou v terénu výrazně patrné, ale v současné době jsou uklidněné.

	Sesuv „A“	Sesuv „B“
Délka	800 m	920 m
Šířka	200 m	125 m
Celková plocha	58 000 m ²	130 000 m ²
Celkový objem	400 000 – 950 000 m ³	1,3 – 3 milion m ³
Maximální hloubka	13 m	10 m
Nadmořská výška v koruně	281 m	272 m
Nadmořská výška v patě	154 m	99 m
Průměrný sklon svahu	13°	10,5°

Tabulka 6: Morfometrická charakteristika sesuvů A a B (upraveno podle Burdy 2011)

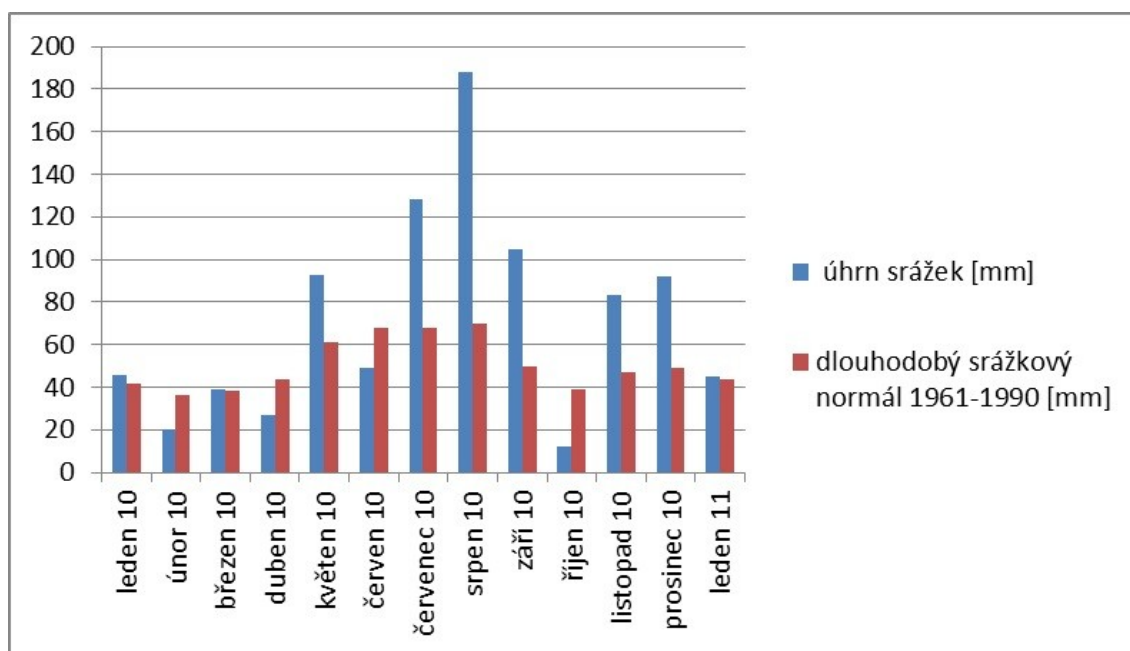
Sesuv „A“ je v nejzápadnější části tohoto komplexu. Jedná se o sesuv proudového tvaru, který je tvořen třemi dílčími propojenými sesuvy. Pouze jeho nejzápadnější část, která se vyvinula ke konci roku 2010, je v současné době aktivní (Příloha 2, Foto. 6 a 7).

Materiál zbylých dvou částí byl transportován během roku 2006 a v současné době jsou sesuvy relativně v klidu (Burda et al. 2011). V odlučné ploše vysoké od 5 do 11 m jsou patrné výchozy deluviálních sedimentů a navětralých terciérních jílu (pravděpodobně regulační zóna) a je tedy zřejmé, že těleso sesuvu je tvořeno těmito materiály. Boční hranice je tvořena lineární trhlinou a vzniká tak výrazná morfologická dominanta. Sesuv je neustále saturován vodou z pramenů zastižených při mapování ve zdrojové oblasti. Tato voda proudí přes sesuv a akumuluje se v mělkých prohlubních.

Další část sesuvného komplexu je tvořena sesuvem „B“, který se nachází dále na V od oblasti označené A. Rozhraní mezi sesuvy „A“ a „B“ je tvořeno málo zřetelným hřebenem. Odlučná plocha sesuvu „B“ má typický tvar amfiteátru, ve které se nachází pouze výchozy kvartérních sedimentů. Několik dalších odlučných ploch (okolo 5 m

vysoké) je situováno níže, ve střední části svahu, kde se již ve výchozech dají pozorovat hlavně zvětralé terciérní jílovce. Vznik sesuvu byl zaznamenán v roce 2000 na leteckých snímcích prováděných v pravidelných dvouměsíčních intervalech pro VČSA, ale výrazněji se rozvíjel až v dalších letech.

Sesuv, který nás nejvíce zajímá v rámci předkládané diplomové práce je sesuv „C“ (Příloha 2, Foto. 8), jehož rozvoj byl zaznamenán podle odboru důlního měřičství VČSA 18. ledna 2011. Sesuv „C“ se nachází přímo nad oblastmi „A“ a „B“ a je vázán na výraznou odlučnou plochu typického obloukovitého tvaru (Příloha 2, Foto. 9), na kterou na V navazují další výrazné zátrhové trhliny s horizontálním posunem přesahujícím 1m (Příloha 2, Foto. 10). Výška odlučné stěny se pohybuje v rozmezí od 2 m na Z, po 10 m na V. Ve výchozech na odlučné ploše lze pozorovat zejména materiál proluviálních a deluviálních štěrků a místy, zejména v nižších partiích, materiál rozvětralých terciérních jílů. Šířka sesuvu se pohybuje od 90 m do 130 m, délka od 120 m do 150 m. Ohraničení celého sesuvu je relativně výrazné a můžeme tedy předpokládat, že se jedná o blok sesutý po hluboké rotační smykové ploše. Příčiny vzniku sesuvu lze opět spojovat s výskytem nadprůměrných srážek v předchozím období (Obr. 15), jejichž kumulací došlo ke kritické úrovni zvodnění v masivu a následnému rozvoji sesuvu. Průměrné hodnoty srážek za jednotlivá období roku 2010 a 2011 jsou uvedeny v tabulce (Tab. 7)

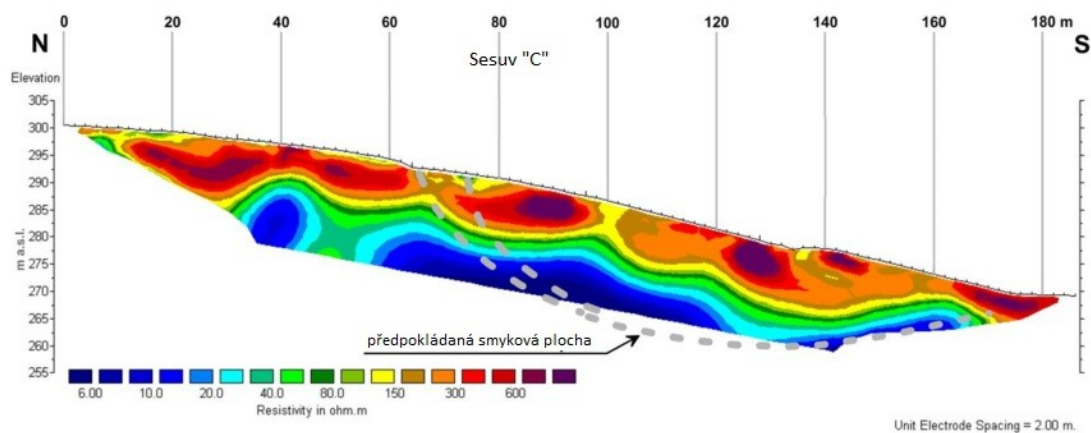


Obr. 15: Úhrn srážek za sledované období před sesuvem, průměrné hodnoty pro ústecký kraj z roků 2010-2011 (zdroj ČHMÚ)

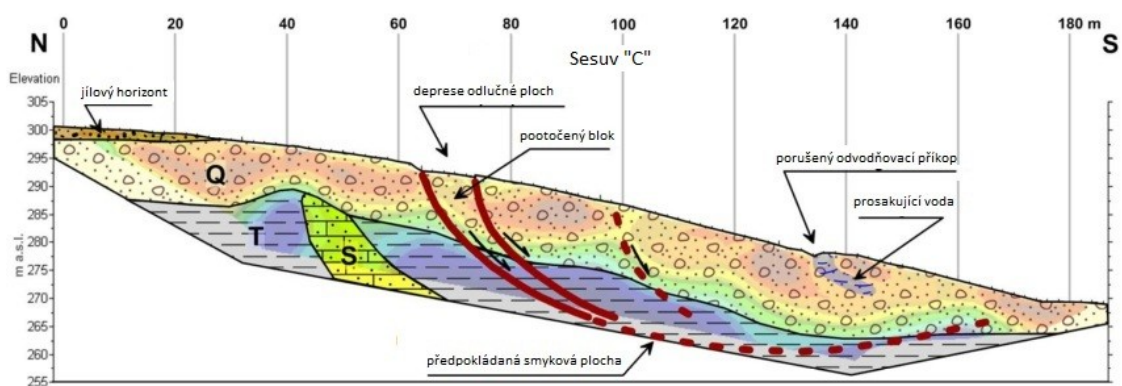
	leden 10	únor 10	březen 10	duben 10	květen 10	červen 10	červenec 10	srpen 10	září 10	říjen 10	listopad 10	prosinec 10	leden 11
úhrn srážek [mm]	46	20	39	27	93	49	128	188	105	12	83	92	45
dlouhodobý srážkový normál 1961-1990 [mm]	42	36	38	44	61	68	68	70	50	39	47	49	44
úhrn srážek v % normálu	110	55	103	60	152	72	188	268	210	30	176	187	108

Tabulka 7: Hodnoty srážek za sledované období před sesuvem, průměrné hodnoty pro ústecký kraj z roků 2010-2011 (zdroj ČHMÚ)

Na sesuvu bylo provedeno geofyzikální měření metodou ERT (electrical resistivity tomography), které prováděl v rámci grantového projektu Burda et al.(2011) a následně publikoval (2011). Měření bylo započato v roce 2010 ještě před rozvojem sesuvu, hloubkový dosah měření byl 20 m. Z výsledků tohoto měření lze usuzovat na geologickou stavbu sesutých hmot a dále na předpokládaný průběh a hloubkové založení smykové plochy (Obr. 16 a 17).



Obr. 16: ERT (electrical resistivity tomography) profil přes sesuv „C“ ukázka interpretace ze záznamu ERT (Upraveno podle Burdy et al. 2011)



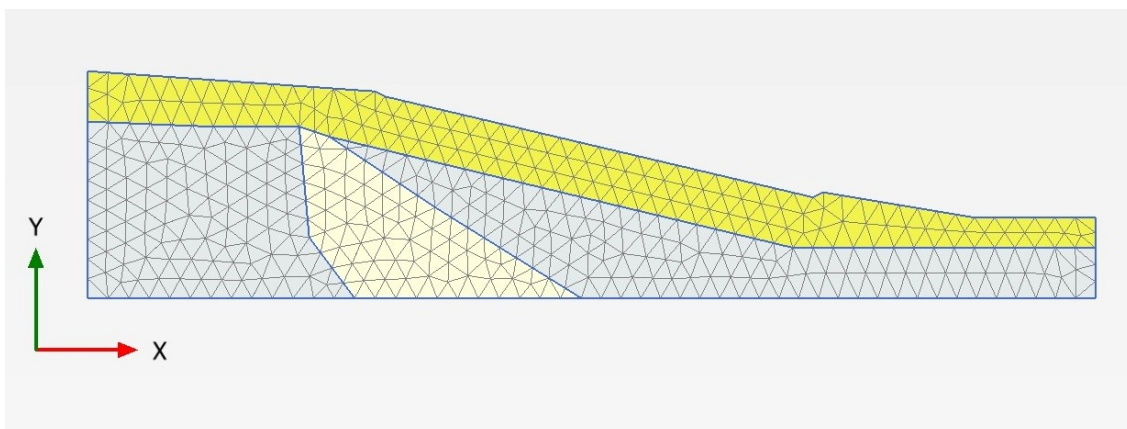
Obr. 17: Interpretace ERT záznamu (porovnáno s okolními jádrovými vrty). *Q* – kvarterní deluviální sedimenty, *T* – zvětralé terciérní jíly (nadložní souvrství), *S* – předpokládaná pozice miocenních písků. (Upraveno podle Burdy et al. 2011)

9. Matematické modelování

Na základě terénního mapování jsem vybral jeden ze sesuvů (popsaný v kapitole 8. 1.) pro numerickou 2D analýzu s využitím metody konečných prvků. Při výpočtu metodou konečných prvků dochází k vyhledání nejméně příznivé smykové plochy. Pro modelování sesuvu jsem použil program PLAXIS 2D verze 10. Linie řezu byla zvolena shodně s linií profilu měření ERT (electrical resistivity tomography) z roku 2010, provedené a po té publikované Burdou et al. (2011). Tento profil se jevil jako nejvhodnější vzhledem k možnosti porovnání výsledků numerického modelu s výstupem z geofyzikálního měření. Linie řezu je ukázána na obr. 17. kapitola 8. 1.

9. 1. Geometrie modelovaného sesuvu

Do 2D prostoru v programu PLAXIS jsem pomocí nástroje „Line“ definoval geometrii oblasti (Obr.18). Výška definované oblasti je 45 m a šířka 200 m, generelní sklon svahu je 13°. Do geometrie byly pomocí nástroje „Line“ zavedeny další, rozhraní znázorňující, geologické vrstvy. Ty jsou reprezentované kvarterními sutěmi o proměnlivé hloubce cca 10 m, dále vrstvou terciérních jílu mocnou od 15 do 25 m, do které se vklíní poloha miocenních písků. Výše popsané geologické rozhraní je převzato na základě měření a interpretace ERT (electrical resistivity tomography) provedené Burdou et al. (2011). Do jednotlivých vrstev jsem následně vložil parametry odpovídajícího materiálu (viz dále). Po vytvoření geometrie svahu jsem nechal program vygenerovat trojúhelníkovou síť, na jejíchž uzlech a na spojnicích uzlů program provádí výpočty. Okrajové podmínky oblasti jsem definoval pomocí nástroje „Standard fixities“.



Obr. 18: Geometrie modelované oblasti vytvořená ve vstupním souboru programu PLAXIS

9. 2. Materiálové parametry použité pro výpočet

Materiálové parametry pro všechny vrstvy použité ve výpočtu byly převzaty z prací Komín et. al (1998), Kněžínek (1986), Smolař (1985) a následně po poradě s vedoucím práce korigovány podle skutečného chování především nadložního souvrství v průběhu času. Převzaté parametry vycházejí z výsledků polních a laboratorních měření (blíže popsanych v kapitole 7. 2) prováděných na zájmové lokalitě v minulosti. Pro výpočet jsem použil Mohr–Coulombův model, který je v programu PLAXIS defaultně nastaven. Tento model vyžaduje pět parametrů pro výpočet, jsou to ϕ , ψ , ν , E a c . Protože se jedná o dlouhodobou stabilitu svahu, byly použity efektivní parametry a v Mohr–Coulombově modelu ponechány drénované podmínky, které jsou v programu také defaultně nastaveny. Do vstupního souboru se dále musí u každého materiálu nastavit hodnoty objemové tíhy zeminy γ_{sat} , γ_{unsat} a propustnost k v horizontálním i ve vertikálním směru. Hodnoty všech zadávaných parametrů jsou uvedeny v tabulce (Tab. 8)

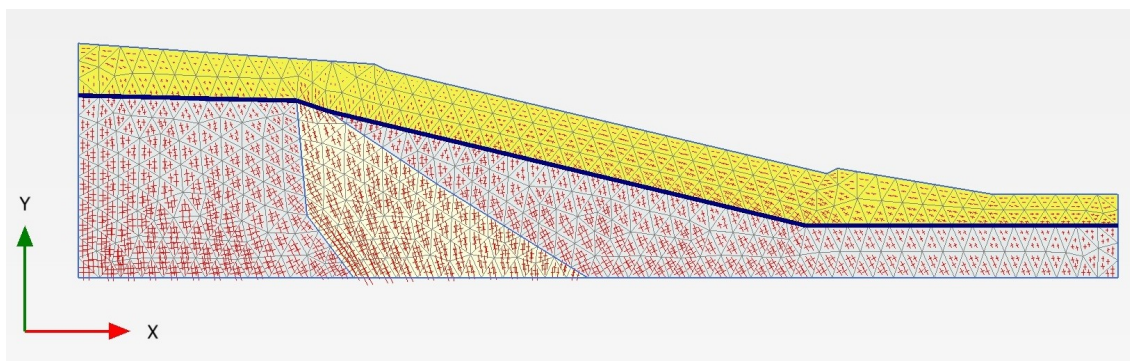
parametr	označení	Kvarterní sutě	miocenní jíly porušené	poloha miocenních pískovců a písků	jednotky
typ chování	-	drénované	drénované	drénované	-
objemová tíha suché zeminy	γ_{unsat}	18,5	19	18,5	kN/m ³
objemová tíha saturované zeminy	γ_{sat}	19,5	20	19,5	kN/m ³
propustnost v horizontálním směru	k_x	0,008	0,001	0,004	m/den
propustnost ve vertikálním směru	k_y	0,008	0,001	0,004	m/den
Youngův modul	E	15000	7000	30000	kN/m ²
Poissonovo číslo	ν	0,2	0,25	0,15	-
Soudržnost	c'	0	45	40	kN/m ²
úhel vnitřního tření	ϕ'	32	12	20	°
úhel dilatace	ψ	0	0	0	°

Tabulka 8: Parametry zemin použité pro modelování (Komín et al. (1998), Kněžínek (1986), Smolař (1985) a úprava autorem)

9. 3. Koncepční model a definice fází výpočtu

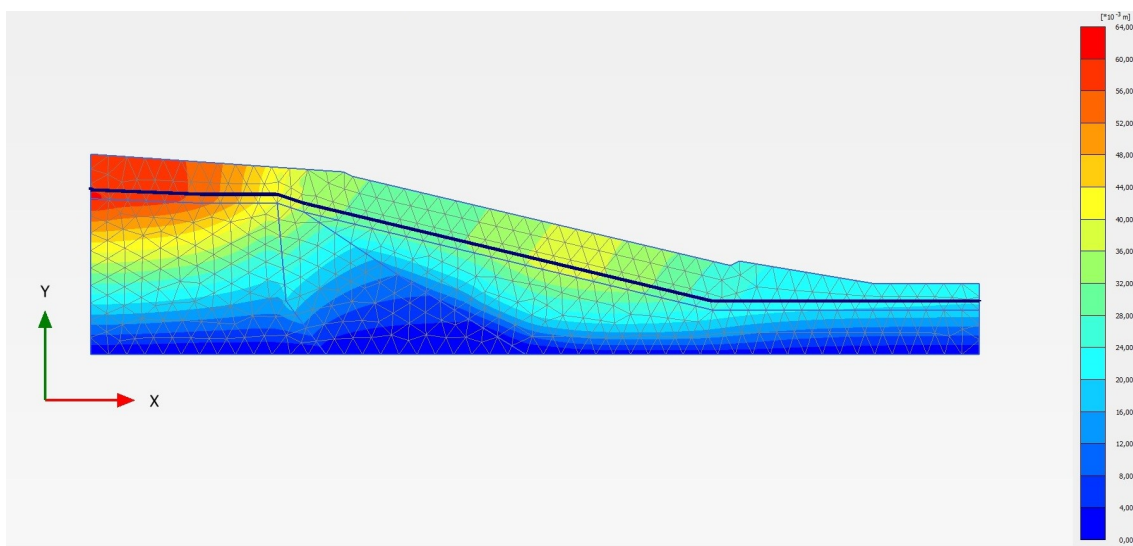
Výpočet byl prováděn v několika fázích, přičemž v iniciační fázi jsem vložil hladinu podzemní vody na rozhraní terciérních jíílů a kvarterního pokryvu. V každé další fázi jsem postupně zvyšoval hladinu podzemní vody v kvarterním pokryvu až do doby, kdy se svah stal nestabilní a došlo ke kolapsu ve výpočtu. Dále jsem pro každou výpočetní fázi, ve které byl svah ještě stabilní, provedl výpočet stupně stability.

1. V iniciační fázi jsem musel stanovit počáteční napjatost masívu. Vzhledem k tomu, že se nejedná o horizontální geometrii, nelze použít tzv. K0 proceduru. Ke generování počátečního napětí jsem využil možnost “Gravity loading“ v okně “calculation type“ (Obr. 19). Dále jsem musel v záložce “multipliers“ nastavit “ ΣM - weight“ na 1. Hladinu podzemní vody jsem v tomto kroku položil na povrch terciérních jíílovců cca 10 m pod povrchem.



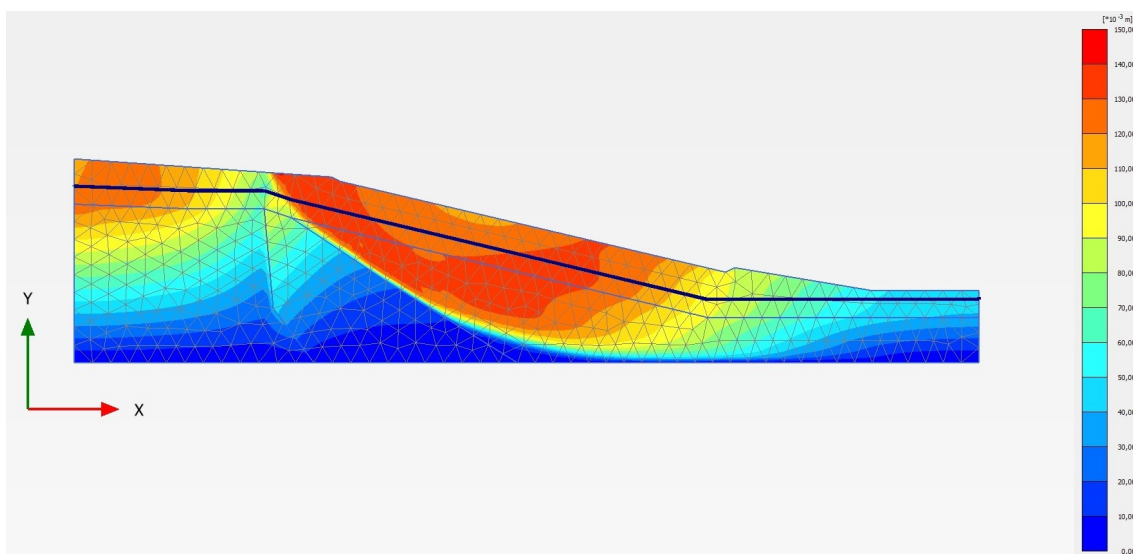
Obr. 19: Hlavní efektivní napětí vygenerované gravitačním zatížením, modrá čára vyznačuje hladinu podzemní vody

2. V první fázi jsem použil typ plastické analýzy za drénovaných podmínek, což znamená, že je umožněná disipace pórových tlaků, a zvýšil jsem hladinu podzemní vody 2 m nad povrch terciérních jíílů (cca 8 m pod povrch) (Obr. 20).



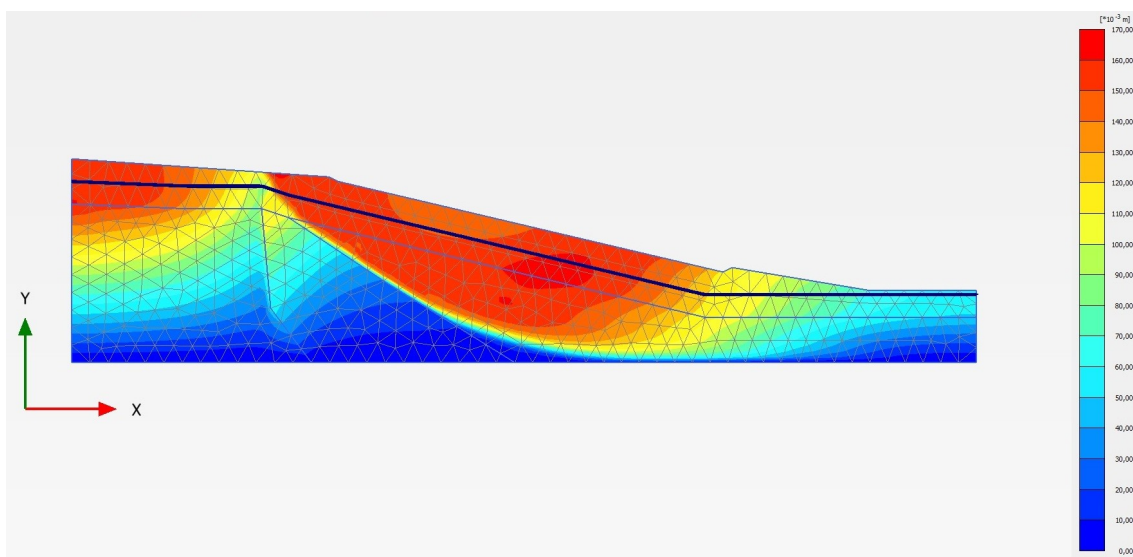
Obr. 20: Zobrazení totálních posunů v první fázi, hladina podzemní vody znázorněna modrou čarou

3. V druhé fázi jsem použil opět plastickou analýzu, zvýšil jsem hladinu podzemní vody 4 m nad terciérní jíly. V této fázi byl svah stále stabilní (Obr. 21).



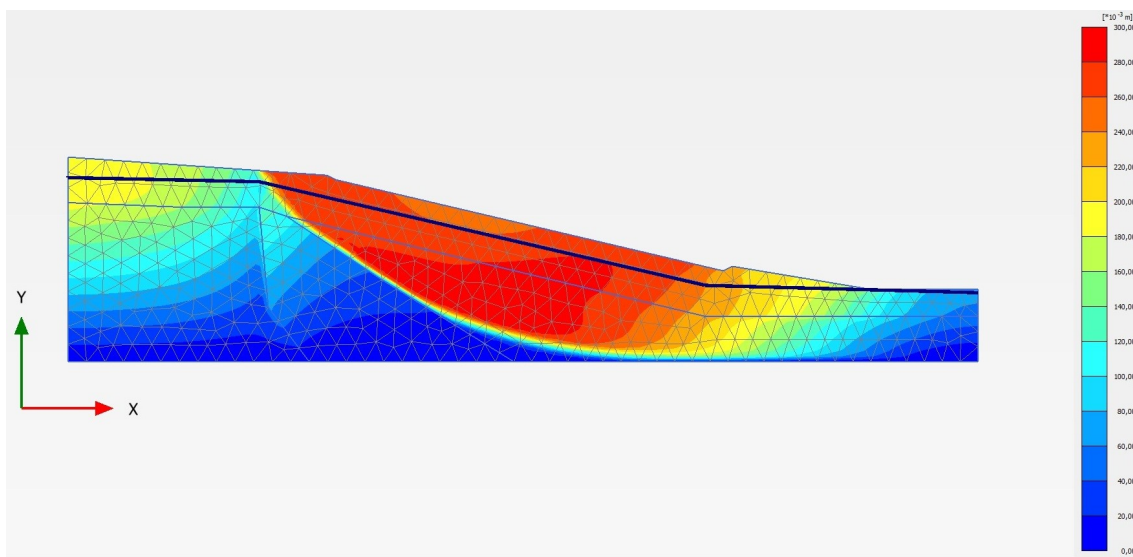
Obr. 21: Zobrazení totálních posunů ve druhé fázi, hladina podzemní vody znázorněna modrou čarou

4. Ve třetí fázi jsem hladinu podzemní vody vložil 5 m nad tercierní jíly, opět byla použita plastická analýza (Obr. 22) .



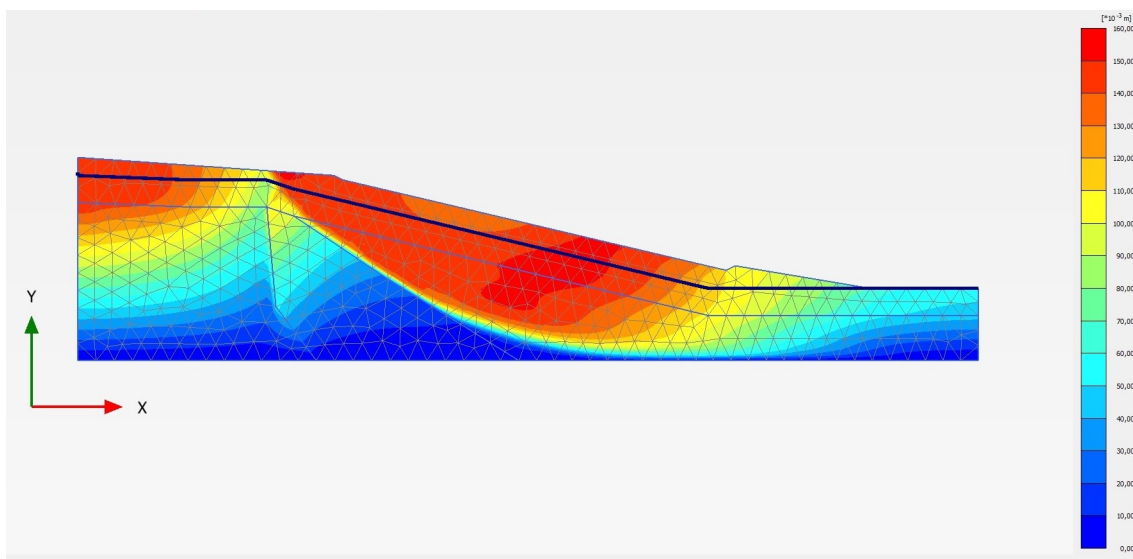
Obr. 22: Zobrazení totálních posunů ve třetí fázi, hladina podzemní vody znázorněna modrou čarou

5. Ve čtvrté fázi jsem opět zvýšil hladinu podzemní vody tentokrát na 5,5 m nad povrch tercieru. Opět byla použita plastická analýza (Obr. 23).

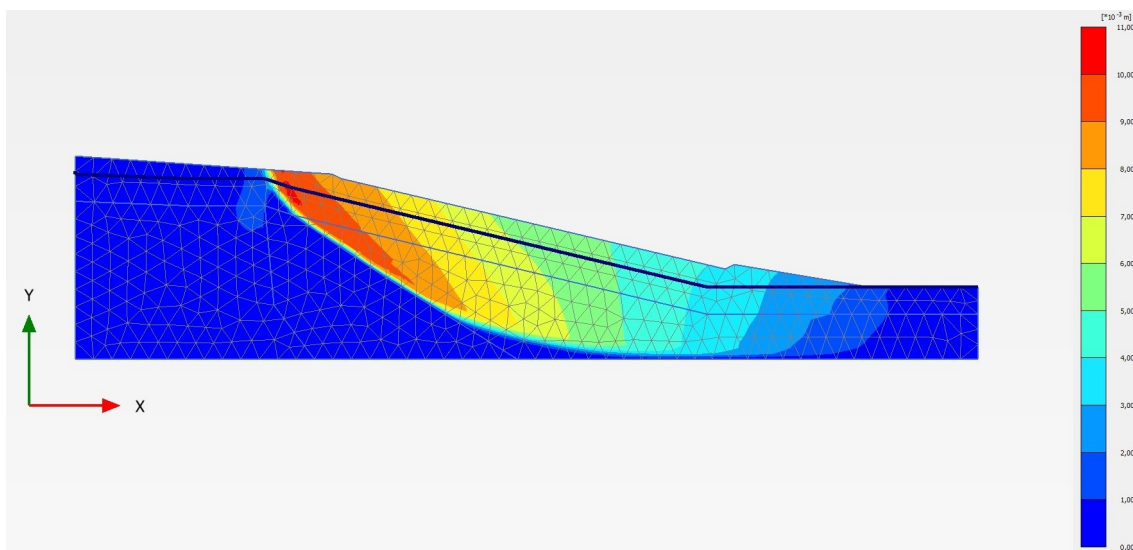


Obr. 23: Zobrazení totálních posunů ve čtvrté fázi, hladina podzemní vody znázorněna modrou čarou

6. V páté fázi jsem zvýšil hladinu podzemní vody na 6 m nad tercierní jíly a použil plastickou analýzu. V tomto případě již došlo k porušení svahu (Obr. 24 a 25).



Obr. 24: Zobrazení totálních posunů v páté fázi, hladina podzemní vody znázorněna modrou čarou. Na obrázku jsou již patrné smykové plochy



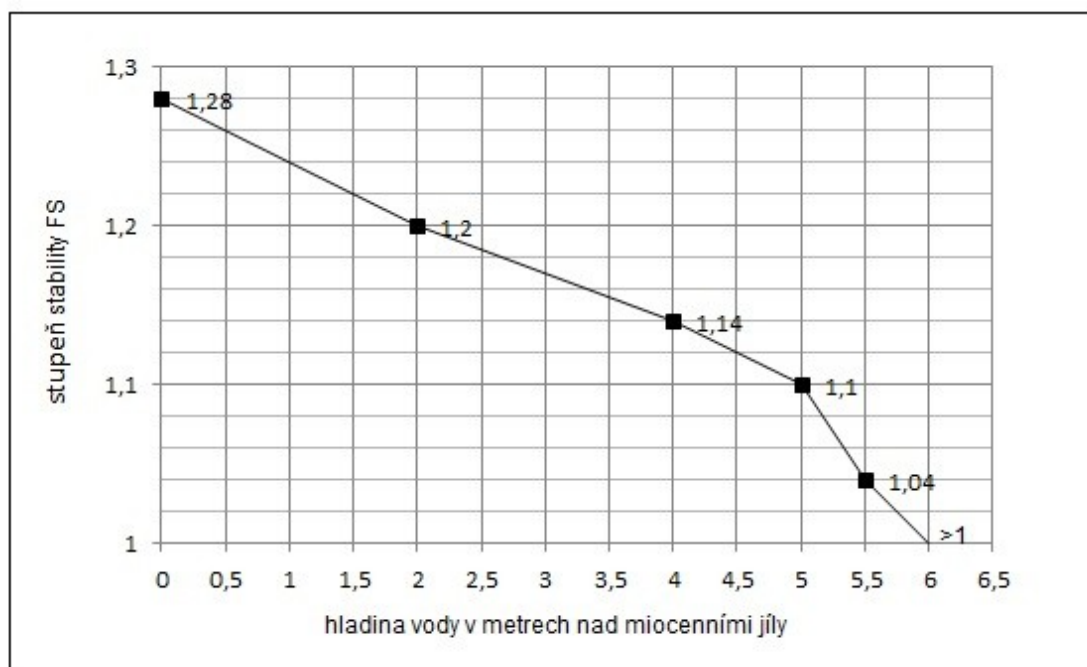
Obr. 25: Zobrazení totálních posunů v posledním výpočtovém kroku kdy došlo ke kolapsu stability

Přehled fází použitých ve výpočtu a stupeň stability v jednotlivých fázích je přehledně zobrazen v tabulce (Tab. 9). Rozvoj sesuvného mechanismu v důsledku zvyšování hladiny podzemní vody je znázorněno na obrázcích (Obr. 19 až 25). Jako výstup z programu PLAXIS 2D pro znázornění rozvoje sesuvu jsem použil zobrazení totalních posunů.

výpočetní fáze	typ analýzy	počátek výpočtu od fáze	hladina podzemní vody nad povrchem tercierních jíílů	vypočtený stupeň stability Σsf
počáteční fáze 0	Gravity loading	-	0	1,28
fáze 1	Plastic	0	2	1,2
fáze 2	Plastic	0	4	1,14
fáze 3	Plastic	0	5	1,1
fáze 4	Plastic	0	5,5	1,04
fáze 5	Plastic	0	6	>1
fáze 6	safety	0		
fáze 7	safety	1		
fáze 8	safety	2		
fáze 9	safety	3		
fáze 10	safety	4		

Tabulka 9: Fáze výpočtu v programu PLAXIS 2D

Po každém zvýšení hladiny podzemní vody, jsem provedl bezpečnostní analýzu metodou phi– c redukce a program spočítal stupeň stability pro každou stabilní fázi. Průběh změny stupně stability se zvyšující se hladinou je ukázán na .grafu (Obr. 26).



Obr. 26: Graf závislosti stupně stability na hladině podzemní vody nad miocenními jíly

10. Diskuse výsledků a rámcový návrh sanačních opatření

Na základě terénních mapovacích prací jsem zjistil výskyt svahové deformace, kterou jsem posléze použil pro matematické modelování. Matematický model vytvořený v programu PLAXIS 2D prokázal průběh smykové plochy v hloubce cca 20 m, což vcelku přesně odpovídá výsledkům naměřeným Burdou et al. (2011), který prováděl geofyzikální měření metodou ERT ještě však před vznikem sesuvu. Místo, kde došlo ke vzniku odlučné stěny, rovněž koreluje s výsledky, které naměřil Burda et al. (2011). Na základě provedeného numerického modelu, mající charakter parametrické studie, jejíž postup je detailně popsán v kapitole 9. „Matematické modelování“, jsem zjistil, že stabilita svahu o sklonu cca 13° v daných geologických poměrech není dlouhodobě stabilní. Stabilita takového svahu závisí především na úrovni hladiny podzemní vody, což se mi podařilo v modelu prokázat. Model ukázal, že stabilita daného svahu se postupně snižuje se zvyšující se hladinou podzemní vody, k čemuž může dojít následkem zvýšených srážkových úhrnů a jejich kumulace, jak je popsáno v kapitole 6. 2 „Faktory způsobující svahové deformace na VČSA“ Model dále ukázal, že ke kritické hladině nasycení kvarterního pokryvu tvořícím na daném sesuvu vrstvu cca 10 m mocnou dojde ve chvíli, kdy hladina podzemní vody vystoupá cca 5,5 m nad vrstvu terciérních jílu v podloží kvartéru. Tento poznatek je rozhodující při volbě metody sanace, a to jak pro zkoumanou lokalitu, tak pro další lokality s obdobným geologickým složením a sklonem svahu.

Mnou navržená sanace daného sesuvu by tedy spočívala v úpravě (ve zmírnění) geometrie svahu a ve vybudování odvodňovacího systému ve svahu, a to nejméně do hloubky 5,5 metrů, jež podle numerického modelu tvoří kritickou hranici nasycení kvartéru. To by znamenalo vybudovat odvodňovací žebra tvořená štěrkovým materiálem. Úpravou geometrie svahu, společně s odvodněním svahu, by došlo ke zvýšení stability. Takovýmto způsobem byly již v minulosti některé sesuvy sanovány a tento způsob se jeví jako účinný.

11. Závěr

V předkládané diplomové práci jsou prezentovány výsledky terénních mapovacích prací, dále výsledky matematického modelu a v neposlední řadě je zde prezentován rámcový návrh sanace. Terénní mapa byla přehledně zkreslena do měřítka 1:5000 a jsou v ní vyznačeny všechny v terénu zjištěné svahové deformace. V matematickém modelu je ukázáno, jakým způsobem se mění stabilita svahu v důsledku změny hladiny podzemní vody. Jsem si vědom, že při využívání numerického modelu v praxi je nutné mít vždy na mysli, že výpočet sám je přesný, ale zcela závislý na použitých vstupních datech. Je velmi obtížné vybrat taková vstupní data, která by co nejlépe určovala chování celého masivu v přírodě a tím se zamezilo případným velkým nepřesnostem při výpočtech. V případě mé práce bylo docíleno shody s měřením ERT, což zvyšuje pravděpodobnost správně vybraných vstupních dat a tím podporuje správnost matematických modelových výstupů. Na základě modelu vybraného sesuvu byla navržena rámcová sanační opatření. Tyto poznatky mohou být aplikovány na podobné oblasti v zájmovém území. Na závěr lze konstatovat, že všechny cíle stanovené při zadání diplomové práce byly splněny.

.....
Vít Hanuljak

Seznam příloh

Příloha 1 – Mapa rozšíření svahových deformací ve VČSA.

Příloha 2 – Fotografické přílohy

Foto. 1 - Odlučné plochy nejzápadnějšího sesuvu ve VČSA.

Foto. 2 - Porušené betonové koryto nejzápadnějším sesuvem ve VČSA.

Foto. 3 - Vysoké odlučné plochy sesuvu ve VČSA pod Jánským vrchem.

Foto. 4 - Zvodnělé suťové proudy dolní části svahu sesuvu ve VČSA pod Jánským vrchem.

Foto. 5 - Sesuv proudového tvaru, tvořeného převážně suťovým materiálem, při východním úpatí vrchu Jezerka ve VČSA.

Foto. 6 - Aktivní část sesuvu „A“ pod zámkem Jezeří ve VČSA.

Foto. 7 - Odlučné plochy sesuvu „A“ pod zámkem Jezeří ve VČSA.

Foto. 8 - Sesuv „C“ pod zámkem Jezeří ve VČSA.

Foto. 9 - Odlučné plochy sesuvu „C“ pod zámkem Jezeří ve VČSA.

Foto. 10 - Zátřhové trhliny na horní hraně sesuvu „C“ pod zámkem Jezeří ve VČSA.

Seznam použitých zkratek

ČHMÚ - Český hydrometeorologický ústav

ČSAV - Československá akademie věd

ERT - Electrical resistivity tomography

et al. - et alii (a kolektiv)

DP - Diplomová práce

RMR - Rock Mass Rating

SHP - Severočeská hnědouhelná pánev

SG Praha – Stavební geologie Praha

UK – Univerzita Karlova

ÚGG - Ústav geologie a geotechniky

VČSA Velkolom Československé armády

Seznam použitých podkladů

Literatura

Absolon A., 1987 Výsledky geologického mapování Salesisovy výšiny na úpatí Krušných hor, Geologický průzk, č.2, s. 36 – 38

Aldorf J., Kořínek R., Vojtasík K., Miklica P., Homola V., Telatynská A. 1983 Stabilitní výpočet svahu Jezerka, MS VŠB, Ostrava

Brus Z., Hurník S. 1986 Geologické rozhraní mezi chomutovskou, mosteckou a ústeckou částí severočeské hnědouhelné pánve, Časopis pro mineralogii a geologii 4/1987, s. 393 – 408

Burda J. 2008 Hodnocení dynamiky recentních svahových pohybů v lokalitě Jezeří, Diplomová práce Katedra Fyzikální geografie a geoekologie Přírodovědecká fakulta UK

Burda J., Žižka L., Dohnal J. 2011 Monitoring of recent mass movement activity in anthropogenic slopes of the Krušné Hory Mountains (CzechRepublic), Natural Hazards and Earth Systems Sciences, s. 1463 1473

Bůžková H., Čechová E. 1982 Geologický průzkum pro uhelný lom pod úpatím Krušných hor, ČSVTS SG, Praha, zvláštní vydání, s. 3 – 8

Bůžková H. 1994 Inženýrskogeologický a hydrogeologický průzkum předpolí uhelného lomu při úpatí Krušných hor, Sborník geologických věd 2001, s. 5 - 8

Čech F., Zelenka O. 1983 Význam geologické stavby podkrušnohorského okraje Severočeské hnědouhelné pánve pro povrchové dobývání uhlí, Hnědé uhlí1/1987, s. 5 – 57

Dudek J. 1978 Strukturně geologické poměry krystalinika v předpolí VČSA, MS GUU ČSAV, Praha

Elnic A., Hurník S. 1980 Deformační jevy v produktivním miocénu SHP a jejich vztah k tektonice. Sbor. Vážnější problémy geologického vývoja Československa, Bratislava s. 229 – 246

Haas K. 1998 Hlavní činnost VÚHU,a.s. Most – V oboru hydrogeologie minulého období, VÚHU, Most

Hanzlík J., Hnyková J. 1981 Režim oběhu podzemní vody na styku Krušných hor a VČSA a využití přirozeného tritia, MS ÚGG ČSAV, Praha

Horáček M. 1994 Srovnání poznatků o průzkumných důlních dílech mezi Jezerkou a Horním Jiřetínem v Krušných horách, Sborník geologických věd 2001, s. 45 – 51

Hurník S., Havlena V. 1982 Podkrušnohorské hnědouhelné pánve a Krušné hory jako součást netektonické velevrásové struktury, Časopis pro mineralogii a geologii 1/1984, s. 55 – 65

Kněžínek V. 1986 Inženýrskogeologický průzkum pro řešení stability svahu v předpolí VČSA v prostoru Jánský vrch a Albrechtice (MS SG, Praha)

Kohoutová J., Haas K., Hurník S., Trýzna P. 1986 Návrh odvodňování VČSA pro postup lomu, VÚHU, Most

Komín M., Kurka J., Zavoral J., Händl J. 1998 Lom ČSA – odborné posouzení svahu Krušných hor, AZ Consult, s.r.o ,Ústí nad Labem

Kudrna Z. 1982 Rozbor vývoje sesuvných pohybů v povrchových velkolomech, k.p. DVIL – MS ,ČSAV ÚGG, Praha

Kudrna Z.1988 Modelová řešení stability vysokých svahů, Kandidátská disertační práce ČSAV, UGG Praha

Kurka J., Komín A., Zavoral J. 2000 MUS – etapovité zpracování stabilitního posudku svahů VČSA, AZ Consult s.r.o. Ústí nad Labem

Malkovský M., Schovánek P., Šebesta J., Tibáček J., Zikmund J. 1982 Analýza stavby a tektoniky Krušných hor, MS ÚÚG Praha a Geofond Praha

Marek J. 1977 Inženýrskogeologické problémy vyvolané rozšířením uhelných velkolomů k úpatí Krušných hor, Geologický průzkum č.6, s.164 – 166

Marek J. 1981 Inženýrskogeologický průzkum pro řešení stability krušnohorských svahů ve vztahu k velkolomové uhelné těžbě, MS, Stavební geologie Praha

Marek J. 1982 Přínos inženýrskogeologických mapovacích prací pro objasnění geologické stavby předpolí uhelného velkolomu ČSA, ČSVTS Stavební geologie zvláštní č. Praha s. 35 – 37

Marek J. 1983 Vývoj krušnohorských svahů a svahové pohyby, Sborník prací GÚ ČSAV, s.175 – 180

Marek J. 1994 Inženýrskogeologické mapování a geologické poměry v okolí úpatí Krušných hor, Sborník geologických věd 2001, s. 23 -34

Marek J. 2005 Jezeří znovu v ohrožení? I.část, Geotechnika 4/2005, s. 3 – 10

Marek J. 2006 Jezeří znovu v ohrožení? II.část, Geotechnika 1/2006, s. 3 – 113

Němčok A., Pašek J., Rybář J. 1974 Dělení svahových pohybů, Sborník geologických věd č.11, s. 77 – 97

Pichler E. 2005a Stabilitní řešení sanace bočního svahu lomu ČSA I. Etapa, MS VÚHU Most

Pichler E. 2005b Stabilitní řešení sanace bočního svahu lomu ČSA II. Etapa, MS VÚHU Most

Pichler E. 2005c Stabilitní řešení sanace bočního svahu lomu ČSA III. Etapa – závěrečná, MS VÚHU Most

Rozsypal A. 1981 Ideový návrh kontrolního sledování závěrných svahů dolů SHR, MS Stavební geologie Praha

Rozsypal A. 1982 Zásady kontrolního sledování povrchových dolů, ČSVTS Stavební geologie zvláštní č. Praha s. 27 – 34

Rybář J., Dudek J. 1976 Vliv strukturně geologických poměrů na stabilitu svahů povrchových dolů, Sborník geologických věd 13. s 29 – 49

Rybář J, Kudrna Z. 1979 Inženýrskogeologický výzkum stabilitních poměrů předpolí VČSA, MS ÚGG ČSAV Praha

Rybář J. 1981 Inženýrskogeologické hodnocení stabilitních poměrů předpolí povrchových velkolomů při úpatí Krušných hor, ČSVTS VÚHU Most s. 76 – 93

Rybář J. 1982 Zpráva o sestavení předběžného geologického modelu pro oblast Jezerka v předpolí VČSA, ÚGG ČSAV Praha

Rybář J. 1983 Vliv povrchové těžby uhlí na stabilitu svahů při úpatí Krušných hor, MS ÚGG ČSAV Praha

Rybář J., Zmítka J. 1987 Báňsko-geologické podmínky rozvoje povrchového dobývání na úpatí Krušných hor a v nejhlubší centrální části pánve, Zpravodaj hnědého uhlí 1/1987 s. 7 – 30

Rybář J., Novotný J. 2005 Vliv klimatogenních faktorů na stabilitu přirozených a antropogenních svahů, Zpravodaj hnědého uhlí 3/2005 s. 13 – 27

Smolař Z. 1985 Výzkum stabilitních problémů otvírky uhelných lomů při úpatí Krušných hor, SG Praha

Sysel P., Jirotko P., Jeniš F., Pustinová K., Jiřele V. 1978, Vyhodnocení hydrogeologického průzkumu předpolí VČSA

Sysel P. 1982 Informace o získaných hydrogeologických údajích v profilu I, Zpravodaj hnědého uhlí zvláštní číslo s. 9 – 12

Špůrek M. 1974 Sesuvné jevy u Dřínova na Mostecku , Věstník ÚÚG 49, s. 231 – 234

Valášek V., Chytka L. 2009 Velká kronika o hnědém uhlí, minulost, současnost a budoucnost těžby hnědého uhlí v Severozápadních Čechách, VÚHU Most

Valeš J., Macůrek V., Pěgřímek R., Seidl M. 1999 Vliv povrchové těžby uhlí na stabilitu jižního úbočí Krušných hor, Dílčí zpráva č. 39/99 VÚHU Most

Vilímek V. 1992 Morfostrukturní vývoj reliéfu Kateřinohorské klenby v Krušných horách, Kandidátská disertační práce Přírodovědecká fakulta UK Praha

Vyskočil P. 1983 Zhodnocení pohybové aktivity v předpolí VČSA, Stabilita svahů na povrchových hnědouhelných dolech s. 56 – 73, VÚHU Most

Záruba Q., Mencl V. 1974 Inženýrská geologie, 3. doplněné vydání, Academia Praha

Záruba Q., Mencl V. 1987 Sesuvy a Zabezpečování svahů, 2. přepracované a doplněné vydání, Academia Praha

Zmítko J. 1983 Fosilní sesuvy při podkrušnohorském výchozu pánve, Hnědé uhlí Most

Roční zpráva skupiny Czech Coal 2008

Roční zpráva skupiny Czech Coal 2009

Internetové podklady

Úhrny srážek: http://portal.chmi.cz/portal/dt?action=content&provider=JSPTabContainer&menu=JSPTabContainer/P4_Historicka_data/P4_1_Pocasi/P4_1_5_Uzemni_srazky&nc=1&portal_lang=cs#PP_Uzemni_srazky

Mapový podklad:

<http://www.mapy.cz/#q=most&x=13.496699&y=50.537911&z=11&l=3&c=h>

Příloha 2

Fotografické přílohy



Foto. 1 Odlučná plocha nejzápadnějšího sesuvu ve VČSA (foto autor)



Foto. 2 Porušené betonové koryto, nejzápadnějším sesuvem ve VČSA (foto autor)



Foto. 3 Vysoké odlučné plochy sesuvu ve VČSA pod Jánským vrchem (foto autor)



Foto. 4 Zvodnělé suťové proudy, dolní části svahu sesuvu ve VČSA pod Jánským vrchem. (foto autor)



Foto. 5 Sesuv proudového tvaru, tvořeného převážně suťovým materiálem, při východním úpatí vrchu Jezerka ve VČSA (foto autor).



Foto. 6 Aktivní část sesuvu „A“ ve VČSA pod zámkem Jezeří (foto autor).



Foto. 7 Odlučné plochy sesuvu „A“ pod zámkem Jezeří ve VČSA (foto autor).



Foto. 8 Sesuv „C“ pod zámkem Jezeří ve VČSA (foto autor).



Foto. 9 Odlučné plochy sesuvu „C“ pod zámek Jezeří ve VČSA (foto autor)



Foto. 10 Zátrhové trhliny na horní hraně sesuvu „C“ pod zámek Jezeří ve VČSA (foto autor).